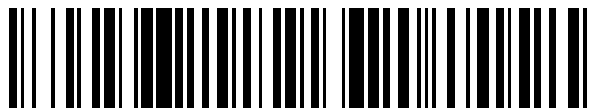


19

OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 444 712**

21 Número de solicitud: 201231201

51 Int. Cl.:

G06F 3/06 (2006.01)**G06F 19/00** (2011.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

26.07.2012

43 Fecha de publicación de la solicitud:

26.02.2014

56 Se remite a la solicitud internacional:

PCT/ES2013/070501

71 Solicitantes:

**CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES
CIENTÍFICAS (CSIC) (100.0%)****C/ Serrano, 117
28006 Madrid ES**

72 Inventor/es:

**DELGADO RESTITUTO, Manuel;
RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ, José Antonio;
RUIZ AMAYA, Jesús;
MASUCH, Jens y
RODRÍGUEZ PÉREZ, Alberto**

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier54 Título: **SISTEMA TELEMÉTRICO INALÁMBRICO PARA LA MONITORIZACIÓN DE MAGNITUDES
ESTÁTICAS Y DINÁMICAS.**

57 Resumen:

Se propone un sistema telemétrico inalámbrico basado en transmisión de referencia temporal para la monitorización de magnitudes estáticas y dinámicas. El sistema propuesto comprende un instrumento lector y, al menos, un transpondedor que incluye a su vez los transductores asociados a las variables objeto de observación y/o medida. Con objeto de comunicar el instrumento lector y el transpondedor, el sistema también comprende un mecanismo para la transmisión de información relativa a la frecuencia de operación interna del transpondedor hacia el instrumento lector y un método para la determinación remota de la frecuencia de operación interna del transpondedor. El instrumento lector comprende: una antena (11000), una sección de comunicación (12000), una sección de procesamiento de señal (13000), una sección de cómputo (14000), una unidad de temporización (15000) estable con la temperatura, una sección de interfaz de usuario (16000) y una sección de salida de datos (17000).

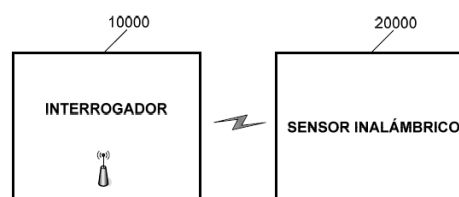


FIG. 1

ES 2 444 712 A1

DESCRIPCIÓN

Sistema telemétrico inalámbrico para la monitorización de magnitudes estáticas y dinámicas.

5 **Objeto de la invención.**

La presente invención propone un sistema telemétrico inalámbrico basado en transmisión de referencia temporal para la monitorización de magnitudes estáticas y dinámicas. El sistema propuesto comprende varios aspectos tales como un instrumento lector y, al menos, un transpondedor que incluye a su vez los transductores asociados a las variables objeto de observación y/o medida. Con objeto de comunicar el instrumento lector y el transpondedor, la presente invención también comprende un mecanismo para la transmisión de información relativa a la frecuencia de operación interna del transpondedor hacia el instrumento lector y un método para la determinación remota de la frecuencia de operación interna del transpondedor.

15 La invención se enmarca dentro del sector de las tecnologías físicas y más, en concreto, en el ámbito de las tecnologías de la información y las comunicaciones aplicadas a la telemetría.

Antecedentes de la invención

20 La creación de espacios inteligentes demanda el uso de sistemas inalámbricos, preferiblemente con bajo factor de forma, capaces de monitorizar de forma remota magnitudes físicas, químicas o de cualquier otra índole, observables en el entorno. Tales sistemas inalámbricos constan de un instrumento lector (también llamado interrogador), que sirve para activar el procedimiento de medida y procesar la información recibida; y un transpondedor con capacidad de sensado (también llamado sensor inalámbrico), que se encarga de capturar y transmitir sin cables las mediciones de las variables bajo observación. Mientras el transpondedor con capacidad de sensado se ha de disponer de tal forma que se garantice la fidelidad de las mediciones, el instrumento lector puede mantenerse a una cierta distancia limitada por el rango de comunicación entre ambos aparatos.

30 Con el objetivo de alargar el tiempo de vida útil del transpondedor, favorecer su reutilización y reducir los costes de mantenimiento, es deseable que el sensor inalámbrico en su conjunto funcione sin baterías. También es recomendable que el sistema interrogador-transpondedor tenga una amplia cobertura inalámbrica de forma que un único lector, configurado al efecto, pueda monitorizar las mediciones de distintos transpondedores, evitando colisiones entre las diferentes fuentes de información. Así mismo, resulta conveniente que, siempre que las variables bajo observación lo permitan, los transpondedores puedan soportar la medición de distintas magnitudes para, por un lado, reducir el despliegue de dispositivos (menor coste de implementación) y, por otro, disminuir el tráfico de información inalámbrico (mayor eficiencia energética).

40 Estos requisitos demandan el uso de técnicas de diseño con consumos ultra-bajos de potencia, así como, de generadores de energía ligados al transpondedor, capaces de obtener tensiones de alimentación a partir de recursos ambientales. También demandan el empleo de arquitecturas y procedimientos que permitan la reutilización de bloques componentes, caso de que el transpondedor tenga que soportar la medición de variables de distinta naturaleza. Así mismo, y con vistas a reducir el coste de producción, se han de evitar fases de medición y ajuste durante el proceso de fabricación, esto es, se deben proporcionar los medios para la auto-calibración del sistema telemétrico. Todo ello, debe lograrse además, satisfaciendo los valores de precisión y resolución de las medidas propias del entorno de aplicación.

45 Un ejemplo en que dichas prestaciones son especialmente pertinentes es en la monitorización de patrones fisiológicos en individuos. Claramente, el uso de tecnologías inalámbricas con transpondedores con capacidad de sensado que tengan reducidas dimensiones y sean fácilmente portables, permitiría la lectura remota de signos vitales del paciente, sin reducir los niveles de movilidad o confort del mismo. Por el mismo motivo, la concentración en un único transpondedor de diferentes sensores, como, por ejemplo, temperatura corporal, patrones ECG, actividad muscular o ritmo respiratorio, favorecería la monitorización del paciente de forma simple y discreta.

50 Este ejemplo de ámbito sanitario revela un aspecto común a la mayoría de sistemas telemétricos destinados a la creación de espacios inteligentes, esto es, la baja complejidad de la información a transmitir así como la reducida cadencia de variación de los datos (en el orden de segundos). Por este motivo y teniendo en cuenta, además, las demandas de bajo consumo y la tendencia hacia soluciones sin baterías, las técnicas basadas en tecnologías RFID (Identificación por Radiofrecuencia) pasivas constituyen una prometedora alternativa para la implementación de sistemas telemétricos inalámbricos. Sin embargo, en la mayoría de las realizaciones propuestas hasta la fecha, dichos sistemas sólo soportan la monitorización de una única variable bajo observación, en lugar de una monitorización múltiple como sería deseable. Además, dichas variables bajo observación son esencialmente estáticas, por lo que no se contempla la monitorización de propiedades dinámicas. Más aún, en muchos casos, los sensores ligados a los transpondedores deben ser alimentados con baterías, con lo que se vulnera el objetivo de la pasividad del dispositivo el cual, preferentemente, debe procurar energía no sólo a los bloques vinculados al enlace

inalámbrico, sino también a los sensores desde donde se capturan las magnitudes bajo monitorización.

Al igual que en otros ámbitos de aplicación, estas limitaciones son ostensibles en los sistemas telemétricos para la monitorización inalámbrica de patrones fisiológicos existentes que, en ningún caso, satisfacen todos los objetivos anteriores. Por ejemplo, el documento del estado de la técnica con número de publicación WO-2011010437(A1) y título "*System for measuring patients body temperature used in hospital, has data reading device which changes electric power level in excitation unit when magnetic field change is detected*" describe un dispositivo para medir temperatura corporal mediante sensores incluidos en una unidad de procesamiento pero no contempla la monitorización de múltiples variables. El documento del estado de la técnica con título "Full Passive UHF Tag with a Temperature Sensor Suitable for Human Body Temperature Monitoring" de A. Vaz, et al. (IEEE Trans. on Circuits and Systems II - Express Briefs, Vol. 57(2), Pages 95-99 DOI: 10.1109/TCSII.2010.2040314) también se centra exclusivamente en la medición de temperatura corporal. Además, al igual que WO-2011010437(A1), el sistema usa circuitos integrados que requieren el uso de calibración. La propuesta divulgada en la solicitud de patente con número de publicación US-A1-2010156598 y título "*Radio frequency identification (RFID) medical device for reading physiological parameter e.g. temperature from patient, has transmitter for transmitting sensed signal from sensor to reader in contact less manner*" plantea el uso de múltiples elementos sensores externos a la unidad RFID de transmisión de información. Sin embargo, dichos sensores deben ser individualmente alimentados por baterías, por lo que la implementación no es completamente pasiva. La aportación contenida en la solicitud de patente con número de publicación US-A1-2010171596 y título "*In vivo complementary metal oxide semiconductor compatible radio frequency identification chip implanted in body of patient, has compatible circuitry that controls drug release from drug reservoir based on biosensed information*" usa transpondedores RFID pasivos, sin embargo, está destinada a la inyección de drogas desde dispositivos implantables. Por último, la aportación de la solicitud de patente con número de publicación US-A1-2004215098 y título "*Skin patch including a temperature sensor*" es conceptualmente similar a US-A1-2010156598, y requiere numerosos componentes discretos (incluyendo dos baterías de botón) que incrementan considerablemente el factor de forma del transpondedor.

Descripción de la invención

La presente invención resuelve los problemas anteriormente mencionados y satisface todos los requisitos descritos. De acuerdo con la presente invención, se proporciona un sistema telemétrico inalámbrico para la medición de variables bajo observación y un método para realizar tal monitorización. Se entiende por variable bajo observación toda propiedad de una magnitud física, química o de cualquier otra índole susceptible de ser detectada y convertida por un transductor en una magnitud eléctrica interpretable por el sistema telemétrico. De acuerdo con la presente invención, dichas magnitudes eléctricas interpretables pueden ser señales eléctricas o propiedades de elementos de circuito. También de acuerdo con la presente invención, las magnitudes eléctricas derivadas de los transductores pueden ser esencialmente estáticas o dinámicas. En este último caso, la variable bajo observación refleja alguna característica de la magnitud monitorizada como, por ejemplo, frecuencia, tasa de eventos, valor promedio o, en general, cualquier propiedad dinámica computable dentro del periodo de medición.

De acuerdo con la presente invención, el sistema telemétrico comprende un instrumento lector y, al menos, un transpondedor que incluye a su vez los transductores asociados a las variables bajo observación. De acuerdo con la presente invención, todo transpondedor almacena una identificación exclusiva del mismo que lo distingue del resto de transpondedores.

Así mismo, de acuerdo con la presente invención, la operación del sistema telemétrico inalámbrico comprende tres fases fundamentales. En primer lugar, el instrumento lector selecciona e interroga a un transpondedor de entre un conjunto limitado de transpondedores conformes con la presente invención, localizados en el rango de cobertura de las comunicaciones. En segundo lugar, el transpondedor seleccionado transmite los datos requeridos por el instrumento lector en respuesta a la señal de interrogación recibida. En tercer lugar, el instrumento lector interpreta la información emitida por el transpondedor, y transfiere los datos correspondientes al usuario.

De acuerdo con la presente invención, la señal de interrogación emitida por un instrumento lector puede requerir información sobre uno o varios aspectos. Un posible aspecto es la identificación del transpondedor. Otro posible aspecto es la frecuencia de operación interna del transpondedor. Aún, otro posible aspecto son los valores representativos de las mediciones de una o más variables bajo observación realizadas por el transpondedor.

También, de acuerdo con la presente invención e independientemente de si la magnitud eléctrica asociada a la variable bajo observación es esencialmente estática o dinámica, el valor representativo de la medición es un número codificado binariamente que cuantifica de forma unívoca la magnitud monitorizada durante el tiempo de medición. De forma similar, el valor representativo de la frecuencia de operación interna de un transpondedor conforme con la presente invención es una palabra digital.

De acuerdo con la presente invención, los números binarios representativos de la frecuencia de operación interna de un transpondedor y de las mediciones de las variables bajo observación se codifican como recuentos de ciclos

de un reloj de referencia que opera autónomamente en un transpondedor conforme con la presente invención.

En un aspecto de la presente invención, se proporciona un instrumento lector que comprende una antena capaz de transmitir diferentes señales de interrogación hacia un transpondedor conforme con la presente invención y de recibir señales de información desde dicho transpondedor; una sección de comunicación conectada a la antena que proporciona los medios y procedimientos para definir los formatos de señal, la codificación de datos, el tipo de modulación, las tasas de transmisión/recepción, la envolvente RF y, en general, todos aquellos parámetros necesarios para establecer la comunicación inalámbrica con un transpondedor de acuerdo con la presente invención; una sección de procesamiento de señal conectada a la sección de comunicación que proporciona los medios y procedimientos necesarios para crear, de acuerdo con las instrucciones del usuario, la secuencia de comandos requerida para seleccionar e interrogar un transpondedor de acuerdo con la presente invención, así como para identificar y clasificar los datos recibidos procedentes de dicho transpondedor; una sección de cómputo que interpreta los datos de frecuencia de operación interna del transpondedor y de medición de variable bajo observación, previamente clasificados en la sección de procesamiento de datos; una unidad de temporización estable con la temperatura que determina la frecuencia de operación de todo el instrumento lector y que proporciona a la sección de cómputo de los parámetros necesarios para interpretar los valores representativos tanto de la frecuencia de operación interna del transpondedor como de las mediciones de las variables bajo observación; una sección de interfaz de usuario que proporciona los medios para que se activen los procedimientos de identificación y medida de variables bajo observación desde un transpondedor conforme con la presente invención, y una sección de salida de datos que proporciona los medios y procedimientos para almacenar los datos medidos desde los transpondedores del entorno y de comunicar dichos datos con el exterior.

En otro aspecto de la presente invención, se proporciona un transpondedor para un sistema de monitorización inalámbrico destinado a la medición de una o más variables bajo observación que comprende una antena capaz de recibir diferentes señales de interrogación desde un instrumento lector conforme con la presente invención y de transmitir a dicho lector señales representativas de su identificación exclusiva y de su frecuencia de operación interna, así como de las mediciones de las variables bajo observación; un circuito activo que gestiona las operaciones de comunicación con el instrumento lector así como las operaciones de tratamiento de datos de acuerdo con las instrucciones recibidas; y un conjunto de transductores, asociados a las variables bajo observación, que convierten las magnitudes monitorizadas a valores eléctricos (señal o propiedad de circuito) interpretables por el circuito activo. De acuerdo con la presente invención, la transformación realizada por cada transductor es una función monótonica, conocida y disponible en la sección de cómputo de un instrumento lector conforme con la presente invención.

El circuito activo comprendido en el transpondedor de la presente invención, comprende una sección de almacenamiento en donde se registra un código de identificación único para dicho transpondedor; una unidad de generación y almacenamiento de energía en donde se generan y regulan las tensiones de alimentación necesarias para el funcionamiento del transpondedor; una sección de temporización en donde se generan autónomamente las señales de reloj necesarias para activar el transpondedor; una sección de modulación y demodulación de señales en donde se extraen los códigos binarios incluidos en las señales de interrogación procedentes de un instrumento lector conforme con la presente invención, y en donde se modulan los datos generados por el transpondedor de acuerdo con las peticiones realizadas por dicho instrumento lector; una unidad de procesamiento en donde se interpretan los comandos recibidos desde un instrumento lector de acuerdo con la presente invención, se gestionan los modos de operación de las diferentes secciones del circuito activo para acometer las acciones incluidas en dichos comandos y se da formato a los números binarios representativos de la frecuencia de operación interna de un transpondedor y de las mediciones de las variables bajo observación que se han de enviar a dicho instrumento lector; y una sección de adquisición y medida que proporciona los medios y procedimientos para secuenciar la actividad de los transductores, convertir las señales analógicas obtenidas de dichos transductores al dominio digital y transferir dichos datos digitales a la unidad de procesamiento. De acuerdo con la presente invención, la conversión de datos realizada en la sección de adquisición y medida es una función monótonica, conocida y disponible en la sección de cómputo de un instrumento lector conforme con la presente invención.

El circuito activo comprendido en un transpondedor, de acuerdo con la presente invención, está fabricado sobre un sustrato que se elige de entre: silicio, orgánico, silicio sobre aislante, silicio-germanio, fosfuro de indio y arseniuro de galio. Preferentemente, con vistas a reducir el coste de fabricación del dispositivo, se usa sustrato de silicio. Así mismo, si alguno de los transductores asociados a las variables bajo observación es susceptible de ser integrado en silicio, dicha integración se realizará preferentemente sobre el mismo sustrato del circuito activo, con vistas a favorecer la miniaturización y el coste del transpondedor.

Puesto que, de acuerdo con la presente invención, las transformaciones y conversiones empleadas para la obtención de los números representativos de las variables bajo observación son unívocas, invertibles y conocidas con suficiente precisión; y puesto que la codificación de tales números se realiza mediante cuantificación temporal usando como referencia la señal de reloj generada en la sección de temporización del circuito activo conforme a la presente invención; el instrumento lector sólo requiere de una estimación precisa de la frecuencia de dicho reloj

para interpretar fielmente las mediciones de las variables bajo observación.

Para llevar a cabo la transmisión de información relativa a la frecuencia de operación interna del transpondedor hacia el instrumento lector, la presente invención comprende un mecanismo por el cual, el transpondedor comprende una máquina de estados finitos instalada en el transpondedor que detecta una trama de temporización enviada desde el instrumento lector, y un contador digital activado por un reloj interno del transpondedor que cuenta el número de periodos de reloj comprendidos en dicha trama. En una realización preferente del mecanismo para la determinación de la frecuencia de operación interna del transpondedor, tanto la máquina de estado como el contador están incluidos en la sección de procesamiento del circuito activo comprendido en el transpondedor de la presente invención.

En otro aspecto de la invención se proporciona un método de comunicación entre el transpondedor y el instrumento lector, ambos para un sistema telemétrico inalámbrico para la monitorización de magnitudes estáticas y dinámicas, donde el transpondedor está definido en una cualquiera de las realizaciones descritas para el transpondedor, y donde el instrumento lector está definido según una cualquiera de las realizaciones descritas para el instrumento lector. El método de comunicación comprende: en primer lugar, el instrumento lector selecciona e interroga a un transpondedor de entre un conjunto limitado de transpondedores localizados en un rango de cobertura del instrumento lector mediante el envío de una señal de interrogación; en segundo lugar, el transpondedor seleccionado transmite unos datos requeridos por el instrumento lector en respuesta a la señal de interrogación recibida; en tercer lugar, el instrumento lector recibe e interpreta los datos emitidos por el transpondedor, y transfiere unos datos correspondientes al usuario. Este proceso de petición, respuesta e interpretación de información se puede aplicar igualmente a todo transpondedor dentro del alcance del interrogador.

Como parte del método de comunicación entre el transpondedor y el instrumento lector, la presente invención proporciona una forma para determinar de forma remota la frecuencia de operación interna del transpondedor por parte del instrumento lector. La determinación de forma remota de la frecuencia de operación interna del transpondedor por parte del instrumento lector es llevada a cabo mediante las siguientes etapas: generación en el instrumento lector de un comando que contiene una trama binaria específica de duración predeterminada; recepción, demodulación y decodificación en el transpondedor del comando emitido por el instrumento lector; activación de una máquina de estado para detectar los instantes inicial y final de la trama binaria específica; habilitación de un contador digital, operado a una frecuencia proporcional a la frecuencia interna del transpondedor, en el momento en que la máquina de estado detecta el instante inicial de la trama; inhabilitación del contador cuando la máquina de estado detecta el instante final de la trama; almacenamiento, codificación y posterior envío al instrumento lector del número de ciclos contados por el contador digital; recepción, demodulación y decodificación de dicho número de ciclos en el instrumento lector; y cálculo de la frecuencia interna del transpondedor en función del número de ciclos contados, la constante de proporcionalidad del reloj usado en el recuento y de la duración de la trama binaria enviada por el instrumento lector. De acuerdo con la presente invención, el cálculo de la frecuencia de operación interna del transpondedor se realiza en la sección de cómputo de un instrumento lector conforme con la presente invención.

De acuerdo con la presente invención, la interpretación de las mediciones de las variables bajo observación realizadas en el instrumento lector se realiza en función de los números representativos enviados y de la estimación de la frecuencia de operación de un transpondedor conforme a la presente invención obtenida a partir de los mecanismos previamente descritos.

Por tanto, el sistema telemétrico inalámbrico para la monitorización de magnitudes estáticas y dinámicas comprende un transpondedor de acuerdo con una cualquiera de las realizaciones anteriormente descritas para el transpondedor, un instrumento lector según una cualquiera de las realizaciones anteriormente descritas para el instrumento lector y un método de comunicación entre el transpondedor y el instrumento lector también según una de las realizaciones descritas para el método de comunicación. El sistema tiene, por tanto, un concepto único inventivo (medir telemáticamente una magnitud estática y/o dinámica) que proporciona unidad de invención a la presente solicitud, tal y como sucede en sistemas emisor-receptor.

Es importante resaltar que los conceptos y especificaciones descritos en la presente invención son generales y no están estrictamente vinculados a ningún tipo de estándar de comunicaciones inalámbricas en particular.

En el contexto de la presente invención, los términos "aproximadamente" o "del orden de" deben entenderse como indicando valores muy próximos a los que dicho término acompañe. El experto en la técnica entenderá que una pequeña desviación de los valores indicados, dentro de unos términos razonables, es inevitable debido a imprecisiones de medida, etc.

Breve descripción de las figuras.

Con el objeto de complementar la descripción de la invención y sus características, se acompaña como parte

integrante de dicha descripción las siguientes figuras.

La figura 1 representa un diagrama de bloques general del sistema de monitorización inalámbrica de la temperatura corporal y el ritmo cardíaco de pacientes, que comprende un instrumento lector "INTERROGADOR" y transpondedor "SENSOR INALÁMBRICO".

La figura 2 representa un diagrama de bloques general del "INTERROGADOR" del sistema de monitorización inalámbrica de la temperatura corporal y el ritmo cardíaco de pacientes, que comprende una "ANTENA", una sección de comunicación "MODULACIÓN Y FORMATO DE SEÑAL", una sección de procesamiento de datos "PROCESADO DE SEÑAL", una sección de cálculo aritmético "CÓMPUTO", una sección de generación y gestión de señales de reloj "TEMPORIZACIÓN", un módulo para la presentación de resultados al usuario "INTERFAZ" y una unidad para almacenamiento y comunicación externa "SALIDA DE DATOS".

La figura 3 representa el diagrama de bloques de la sección "PROCESADO DE SEÑAL" del "INTERROGADOR" que comprende un "REGISTRO DE CONFIGURACIÓN", un procesador de datos digital "PROCESADOR", un generador de comandos que encapsula los parámetros generados por el procesador en tramas binarias acordes con el estándar de comunicación "GENERADOR COMANDO" y un bloque de entrada/salida de datos "E/S DATOS".

La figura 4 representa el diagrama de bloques de la sección "CÓMPUTO" del "INTERROGADOR" que comprende una unidad aritmética-lógica "ALU", un registro de operaciones intermedias "REGISTRO OPERACIÓN" y un registro de almacenamiento de resultados finales "REGISTRO RESULTADO".

La figura 5 muestra un ejemplo de formato de señal para los símbolos '0' y '1' obtenidos a partir del reloj maestro CLKL disponible en el "INTERROGADOR". En este ejemplo, los parámetros M0 y M1 toman los valores 8 y 16, respectivamente, de acuerdo con el número de ciclos de reloj CLKL que ocupan los símbolos '0' y '1',

La figura 6 representa el diagrama de bloques general del transpondedor "SENSOR INALÁMBRICO" del sistema de monitorización inalámbrica de la temperatura corporal y el ritmo cardíaco de pacientes, que comprende una "ANTENA", un circuito integrado transpondedor "IC", un conjunto de componentes discretos para la adquisición de señales de temperatura corporal y ritmo cardíaco "COMPONENTES DISCRETOS DE INTERFAZ" y un conjunto de componentes discretos de referencia "COMPONENTES DISCRETOS DE REFERENCIA".

La figura 7 representa el diagrama de bloques general del circuito integrado transpondedor "IC" incluido en el transpondedor "SENSOR INALÁMBRICO" que comprende una unidad de gestión de energía "GESTIÓN ENERGÍA", una sección de adquisición de señal "ADQUISICIÓN SEÑAL", una unidad de temporización "TEMPORIZACIÓN", una sección de almacenamiento de códigos y parámetros "MEMORIA ALMACENAMIENTO", una sección de procesamiento de datos "PROCESADO" y una sección de codificación/decodificación y modulación/demodulación de señales "DE/MODULACIÓN DE/CODIFICACIÓN DE SEÑAL".

La figura 8 muestra una representación de las señales de reloj derivadas en la unidad de temporización "TEMPORIZACIÓN", comprendida en el circuito integrado transpondedor "IC".

La figura 9 representa el diagrama de bloques de la unidad de procesamiento de datos "PROCESADO" incluida en el circuito integrado transpondedor "IC" que comprende un bloque de cómputo de frecuencia "CÓMPUTO FRECUENCIA", un conjunto de máquinas de estados que se encargan de procesar los comandos recibidos y gestionar las correspondientes respuestas "FSMs COMANDOS"; una unidad aritmética lógica "ALU"; y un conjunto de registros para el almacenamiento temporal de información "REGISTROS".

La figura 10 representa el diagrama de bloques de la unidad de cómputo de frecuencia "CÓMPUTO FRECUENCIA" incluida en la sección de procesamiento de datos "PROCESADO" del circuito integrado transpondedor "IC" que comprende un contador "CONTADOR", una máquina de estados "FSM CONTROL" y un registro de almacenamiento "REGISTRO".

La figura 11 muestra la estructura de un comando de petición de frecuencia interna de operación del circuito integrado transpondedor "IC" generado por el instrumento lector "INTERROGADOR".

La figura 12 muestra la estructura de la secuencia binaria de respuesta del circuito integrado transpondedor "IC" ante una petición de frecuencia interna de operación realizada por el instrumento lector "INTERROGADOR".

La figura 13 muestra dos posibles escenarios de enlace de comunicación inalámbrico entre el instrumento lector "INTERROGADOR" y el transpondedor "SENSOR INALÁMBRICO" para la obtención de una medición remota de la frecuencia de operación interna del transpondedor.

La figura 14 muestra la estructura de un comando WRITE, conforme con el estándar ISO/IEC 18000-6, configurado para la petición de inicio de medidas en un transpondedor "SENSOR INALÁMBRICO", de acuerdo con un ejemplo

de realización de la presente invención.

La figura 15 muestra la estructura de una trama binaria de respuesta, conforme con el estándar ISO/IEC 18000-6, a un comando WRITE configurado para la petición de inicio de medidas en un transpondedor "SENSOR INALÁMBRICO", de acuerdo con un ejemplo de realización de la presente invención.

La figura 16 muestra la estructura de un comando READ, conforme con el estándar ISO/IEC 18000-6, configurado para la petición de envío de medidas desde un transpondedor "SENSOR INALÁMBRICO", de acuerdo con un ejemplo de realización de la presente invención.

La figura 17 muestra la estructura de una trama binaria de respuesta, conforme con el estándar ISO/IEC 18000-6, a un comando READ configurado para la petición de envío de medidas desde un transpondedor "SENSOR INALÁMBRICO", de acuerdo con un ejemplo de realización de la presente invención.

La figura 18 muestra los pasos básicos contemplados en un método de comunicación entre un transpondedor "SENSOR INALÁMBRICO" y un instrumento lector "INTERROGADOR", de acuerdo con un ejemplo de realización de la presente invención.

La figura 19 muestra los pasos contemplados en un método para la estimación remota de la frecuencia de operación interna de un transpondedor "SENSOR INALÁMBRICO" desde un instrumento lector "INTERROGADOR", de acuerdo con un ejemplo de realización de la presente invención.

Descripción de un ejemplo de realización de la invención

La figura 1 representa los bloques básicos del sistema telemétrico inalámbrico basado en transmisión de referencia temporal para la monitorización de magnitudes estáticas y dinámicas, objeto de la presente invención. El propósito de este sistema es la medición remota de una o más variables bajo observación. En el contexto de la presente invención, independientemente del entorno de aplicación, el término variable bajo observación (o variable monitorizada o variable bajo monitorización) hace referencia a una propiedad de una magnitud física, química o de cualquier otra índole, que es susceptible de ser detectada por un transductor. Así mismo, en el contexto de la presente invención, un transductor es un dispositivo capaz de convertir la magnitud bajo monitorización en una magnitud eléctrica interpretable por el sistema telemétrico. De acuerdo con la presente invención, las variables bajo observación pueden ser, por ejemplo, de tipo mecánico, térmico, óptico, electromagnético, químico o biológico.

De acuerdo con la presente invención, las magnitudes eléctricas interpretables por el sistema telemétrico pueden ser señales eléctricas, tales como flujos de corriente o diferencias de potencial (por ejemplo, tensión eléctrica en sondas Hall o corriente eléctrica en fotodiodos); o propiedades de elementos de circuito, tales como resistencias, capacidades o inductancias (por ejemplo, resistencia eléctrica en células fotoeléctricas o capacidad eléctrica en acelerómetros). También de acuerdo con la presente invención, las magnitudes eléctricas derivadas de los transductores pueden ser esencialmente estáticas o dinámicas, dependiendo de si las constantes de tiempo de la transducción son superiores o inferiores a la duración total del proceso de medición remota.

El sistema telemétrico comprende un instrumento lector 10000 (también llamado interrogador) y, al menos, un transpondedor 20000 (también llamado sensor inalámbrico) que comprende a su vez los transductores asociados a las variables bajo observación. De acuerdo con la presente invención, todo transpondedor 20000 almacena una identificación exclusiva del mismo que lo distingue del resto de transpondedores. Así mismo, de acuerdo con la presente invención, la operación del sistema telemétrico inalámbrico comprende tres fases fundamentales. En primer lugar, el instrumento lector 10000 selecciona e interroga a un transpondedor 20000 de entre un conjunto limitado de transpondedores localizados en el rango de cobertura de las comunicaciones. En segundo lugar, el transpondedor 20000 seleccionado transmite los datos requeridos por el instrumento lector 10000 en respuesta a la señal de interrogación recibida. En tercer lugar, el instrumento lector 10000 interpreta la información emitida por el transpondedor 20000, y transfiere los datos correspondientes al usuario. Este proceso de petición, respuesta e interpretación de información se puede aplicar igualmente a todo transpondedor 20000 dentro del alcance del interrogador 10000.

En lo que concierne a la presente invención, la señal de interrogación emitida por un instrumento lector 10000 puede requerir información sobre uno o varios aspectos. Un posible aspecto es la identificación del transpondedor 20000, potencialmente establecida durante el proceso de fabricación del mismo. Otro posible aspecto es la frecuencia de operación interna del transpondedor 20000. Aún, otro posible aspecto son los valores representativos de las mediciones de una o más variables bajo observación realizadas por el transpondedor 20000. En una posible implementación del sistema telemétrico objeto de la presente invención, el flujo de información entre el instrumento lector 10000 y el transpondedor 20000, podría contemplar otros aspectos además de los mencionados.

De acuerdo con la presente invención, si la magnitud eléctrica asociada a la variable bajo observación es esencialmente estática, el valor representativo de la medición es un número que determina de forma unívoca la magnitud monitorizada. Por ejemplo, si la variable bajo observación es el esfuerzo mecánico al que está sometido un objeto, la magnitud eléctrica interpretable por el sistema telemétrico podría ser la resistencia a través de una membrana piezoresistiva dispuesta al efecto, y el valor representativo de la medición podría ser un número que informara de la desviación de la resistencia de dicha membrana frente a la resistencia de un resistor insensible frente a tracciones o compresiones. Por otro lado, si la magnitud eléctrica asociada a la variable bajo observación es dinámica, el valor representativo de la medición es un número que informa de forma unívoca sobre alguna característica de dicha magnitud como, por ejemplo, frecuencia, valor promedio o, en general, cualquier propiedad computable dentro del periodo de medición. Por ejemplo, si la variable bajo observación es el nivel de radiactividad de un objeto o lugar, la magnitud eléctrica interpretable por el sistema telemétrico podría ser la corriente pulsante generada por un detector de partículas, y el valor representativo de la medición consistiría en el número de pulsos observados a lo largo de un tiempo de medición prefijado.

De acuerdo con procedimientos que se describirán con detalle con posterioridad, los números binarios representativos de las mediciones de las variables bajo observación se codifican como recuentos de ciclos de un reloj de referencia que opera autónomamente en un transpondedor 20000 conforme con la presente invención.

La figura 2 presenta el diagrama de bloques del instrumento lector 10000 según una realización de la presente invención. El instrumento lector de la figura 2 comprende diferentes elementos y secciones, 11000-17000.

El elemento 11000 es una antena capaz de transmitir diferentes señales de interrogación hacia el transpondedor 20000 y de recibir señales de información desde el transpondedor 20000. En una configuración preferente, la antena 11000 es de tipo omnidireccional.

El bloque 12000 representa una sección de comunicación conectada a la antena 11000 que proporciona los medios y procedimientos para definir los formatos de señal, la codificación de datos, el tipo de modulación, las tasas de transmisión/recepción, la envolvente RF y, en general, todos aquellos parámetros necesarios para establecer la comunicación inalámbrica con un transpondedor 20000 de acuerdo con la presente invención.

El bloque 13000 representa una sección de procesamiento de señal conectada a la sección de comunicación 12000 que proporciona los medios y procedimientos necesarios para: configurar y controlar el estado del enlace inalámbrico entre el instrumento lector 10000 y el transpondedor 20000 de acuerdo con el protocolo de comunicación adoptado; crear, de acuerdo con las instrucciones del usuario, la secuencia de comandos requerida para seleccionar e interrogar un transpondedor 20000 de acuerdo con la presente invención; e identificar y clasificar los datos recibidos procedentes de dicho transpondedor 20000. Además, la sección de procesamiento de señal 13000 implementa instrucciones específicas para la petición, recepción y clasificación de información relativa a la frecuencia de operación interna del transpondedor 20000, así como, de información relativa a las mediciones de las variables monitorizadas por dicho transpondedor.

La figura 3 presenta el diagrama de bloques de la sección de procesamiento 13000 según una realización de la presente invención. Dicha sección comprende un registro de configuración 13100 en donde se almacenan los parámetros del enlace inalámbrico entre el instrumento lector 10000 y el transpondedor 20000 seleccionado; un procesador 13200 que, en modo recepción, interpreta y da respuesta al flujo binario decodificado por el bloque 12000 y, en modo transmisión, proporciona los parámetros que han de ser enviados al transpondedor 20000; un generador de comandos 13300 que encapsula los parámetros generados por el procesador 13200 en tramas binarias acordes con el estándar de comunicación empleado; y un bloque de entrada/salida de datos 13400 en donde se transfiere información hacia/desde otras secciones del instrumento lector 10000.

El bloque 14000 representa una sección de cómputo conectada a la sección de procesamiento de datos 13000 que proporciona los medios y procedimientos necesarios tanto para interpretar los valores representativos de la frecuencia de operación interna del transpondedor 20000, como para interpretar los valores representativos de las mediciones de cada una de las variables monitorizadas por dicho transpondedor. Preferentemente, la sección de cómputo 14000 permanece inactiva salvo cuando la sección de procesamiento 13000 proporciona uno o varios de los datos citados.

La figura 4 muestra el diagrama de bloques de la sección de cómputo 14000 según una realización de la presente invención. Dicha sección comprende una unidad aritmético lógica (ALU) 14100 donde se realizan las operaciones aritméticas necesarias para calcular la frecuencia de operación interna del transpondedor 20000 y para calcular el valor de las mediciones de las variables bajo observación; unos registros de operación 14200 donde se almacenan los resultados intermedios de las operaciones, tales como multiplicaciones o sumas; un registro de datos 14300 donde se guarda el resultado final generado por la ALU 14100; y una memoria interna 14400 donde se ubican todos aquellos parámetros numéricos necesarios para la interpretación de los valores representativos clasificados como frecuencia de operación interna del transpondedor 20000 o como medición de variable bajo observación.

El bloque 15000 representa una unidad de temporización estable con la temperatura que determina las frecuencias de operación de todas las secciones del instrumento lector y que proporciona a la sección de cómputo 14000 de las referencias temporales necesarias tanto para interpretar los valores representativos de la frecuencia de operación interna del transpondedor 20000, como para interpretar la información relativa a las mediciones de cada una de las variables monitorizadas por dicho transpondedor.

En una posible realización de la presente invención, las frecuencias de operación del instrumento lector se derivan de forma muy precisa a partir de un reloj maestro CLKL basado en cristal de cuarzo. La frecuencia de operación de este reloj maestro CLKL es FLEC. Opcionalmente, este reloj maestro CLKL puede comprender algún tipo de corrección de estabilización con temperatura. De especial relevancia en el contexto de la presente invención, la frecuencia FLEC se usa para definir la duración, potencialmente diferente, de los símbolos binarios '0' y '1', de acuerdo con el formato de señal definido en la sección 12000 del instrumento lector 10000. En concreto, las duraciones del símbolo '0', TLEC0, y del símbolo '1', TLEC1, vienen dadas de forma genérica por las expresiones,

$$TLEC0 = M0 / FLEC \quad (1)$$

$$TLEC1 = M1 / FLEC \quad (2)$$

donde M0 y M1 representan, respectivamente, el número entero de ciclos de reloj maestro con frecuencia FLEC que ocupan los símbolos '0' y '1'. La figura 5 muestra un ejemplo de representación de los símbolos '0' y '1' derivados a partir del reloj maestro CLKL. En este ejemplo, con carácter puramente ilustrativo, los parámetros M0 y M1 toman, respectivamente, los valores 8 y 16.

El bloque 16000 representa una sección de interfaz de usuario que proporciona los medios para que un agente externo al sistema telemétrico inalámbrico (individuo o máquina) pueda activar los procedimientos de identificación y medida de las variables bajo observación desde un transpondedor 20000 de acuerdo con la presente invención. En una configuración de la presente invención, el instrumento lector 10000 es un aparato portable que incluye en la sección de interfaz de usuario 16000 dispositivos tales como teclas o sensores/pantallas táctiles, a través de los cuales se pueden transferir las ordenes de usuario al interrogador. Alternativamente, o en conjunción con lo anterior, la sección de interfaz de usuario 16000 del instrumento lector 10000 dispone de al menos una conexión externa, inalámbrica o por cable, a través de la cual se pueden activar de forma remota los procedimientos de identificación y medida disponibles en el sistema telemétrico inalámbrico de acuerdo con la presente invención.

Finalmente, el bloque 17000 representa una sección de salida de datos que proporciona los medios y procedimientos para almacenar los datos medidos desde cada transceptor 20000 del entorno y de comunicar dichos datos con el exterior. En una configuración preferente del instrumento lector 10000, la sección de salida de datos 17000 comprende una pantalla para mostrar al usuario la información recibida desde los transpondedores. Alternativamente, o en conjunción con lo anterior, la sección de salida del instrumento lector 17000 dispone de al menos una conexión externa, inalámbrica o por cable, para enviar la información recibida por los transpondedores a un medio de almacenamiento y procesado externo.

La figura 6 presenta el diagrama de bloques del transpondedor 20000 según una realización de la presente invención. El transpondedor de la figura 6 comprende diferentes elementos y secciones, 21000-23000.

El elemento 21000 es una antena capaz de recibir diferentes señales de interrogación desde un instrumento lector 10000 de acuerdo con la presente invención y de transmitir a dicho lector 10000 la identificación del transpondedor 20000 y señales representativas de la frecuencia de operación interna del transpondedor 20000, así como de las medidas de las variables bajo observación.

El bloque 22000 es un circuito activo que gestiona las operaciones de comunicación con el instrumento lector 10000 así como las operaciones de tratamiento de datos de acuerdo con las instrucciones recibidas. Este bloque comprende, entre otros elementos, los medios necesarios para almacenar la identificación del transpondedor 20000 y los medios y procedimientos necesarios para la obtención de los valores representativos de la frecuencia de operación interna del transpondedor 20000, así como, de las mediciones de las variables bajo observación.

En una configuración preferente de la presente invención, el bloque activo 22000 está integrado en un único microchip fabricado sobre un sustrato que se elige de entre: silicio, silicio sobre aislante, silicio-germanio, fosforo de indio y arseniuro de galio. Preferentemente, con vistas a reducir el coste de fabricación del dispositivo, se usa sustrato de silicio.

La sección 23000 comprende los transductores asociados a las variables bajo observación. En un sentido amplio,

tales transductores proporcionan los medios que implementan la interfaz entre las magnitudes de donde se derivan las variables bajo observación y el circuito activo para procesamiento de datos y comunicaciones 22000. De acuerdo con esta interpretación, los transductores contenidos en la sección 23000 comprenden medios de inspección o contacto con la magnitud bajo observación, medios de interconexión eléctrica con el circuito activo 22000 y, eventualmente, medios activos o pasivos, integrados o basados en componentes discretos, que transforman la magnitud monitorizada en una magnitud eléctrica (señal eléctrica o propiedad de circuito) susceptible de ser capturada y acondicionada por el bloque activo 22000. Dicha conversión ha de ser monótonica en el rango de operación definido por la aplicación, de forma que exista una correspondencia uno-a-uno entre ambas magnitudes. En forma matemática, si A_x representa la magnitud monitorizada por el transductor x , donde x es un índice genérico que identifica cada uno de los transductores comprendidos en la sección 23000, y E_x es la magnitud eléctrica derivada de la transducción, ambas cantidades están relacionadas por una función biyectiva $T_x(\bullet)$, tal que,

$$E_x = T_x(A_x; C_x) \quad (3)$$

De acuerdo con la presente invención, la función $T_x(\bullet)$ es una propiedad intrínseca del transductor x conocida y disponible en la sección de cómputo 14000 del instrumento lector 10000, bien en forma de operaciones matemáticas (ejecutables en la unidad aritmético lógica 14100), o bien en forma de tablas (almacenadas en la memoria interna 14400). En la expresión (3), C_x es un conjunto de parámetros de ajuste potencialmente requerido por el instrumento lector 10000 para la correcta interpretación del valor representativo de la medición de la variable bajo observación ligada al transductor x . Dichos parámetros están almacenados en el transceptor 20000 (en concreto en el módulo de memoria 22400 del bloque activo 22000) y se han de transmitir al instrumento lector 10000 usando medios similares a los empleados para el envío de la identificación del transpondedor 20000.

En una configuración preferente de la presente invención, si alguno de los transductores de la sección 23000 es susceptible de ser integrado en silicio, dicha integración se realizará sobre el mismo sustrato del bloque activo 22000, caso de que este haya sido implementado mediante un único microchip. El objetivo es crear un sistema-en-chip (SoC, del inglés System-on-Chip) que favorezca la miniaturización y el coste del transpondedor 20000.

La figura 7 presenta el diagrama de bloques del circuito activo 22000 según una realización de la presente invención. El circuito activo de la figura 7, preferentemente integrado en silicio, comprende diferentes elementos y secciones, 22100-22600.

El bloque 22100 es una unidad de gestión de energía en donde se generan y regulan las tensiones de alimentación necesarias para el funcionamiento del circuito activo 22000. Esta unidad genera al menos rails positivos y negativos de alimentación para la circuitería analógica y para la circuitería digital. La unidad de gestión de energía y, por extensión, todo el circuito activo 22000, puede estar alimentada por una batería externa o, preferentemente, puede incluir los medios y procedimientos para generar y almacenar energía a partir de la señal radiada por el instrumento lector 10000 y capturada por la antena 21000 del transpondedor 20000. Esta última solución no es en modo alguno limitativa de la presente invención, sino que se puede complementar con otras fuentes de energía bien basadas en baterías o bien procedentes de recursos ambientales.

El bloque 22200 es una sección de temporización en donde se genera la señal de reloj de referencia CLK_T, necesaria para activar el procesamiento de datos y la coordinación de medios en el circuito activo 22000. La señal de reloj de referencia CLK_T es un tren de pulsos periódicos a una frecuencia FTAG. En una configuración preferente de la presente invención, el reloj de referencia CLK_T se obtiene mediante un oscilador autónomo con compensación frente a variaciones de temperatura.

Junto a la señal CLK_T, el bloque de temporización 22200 también genera otras señales de reloj de menor frecuencia, CLK_{Tx}, necesarias para la codificación digital de las mediciones de las variables bajo observación, de acuerdo con la presente invención. Tal como se indicó previamente, el índice genérico x toma distintos valores de acuerdo con cada uno de las variables monitorizadas por el transpondedor 20000. Las señales de reloj CLK_{Tx} con frecuencia FT_x se obtienen escalando el reloj CLK_T, de modo que:

$$FT_x = FTAG / MT_x \quad (4)$$

donde MT_x son constantes enteras predefinidas asociadas a cada transductor. En una posible realización, el escalado del reloj CLK_T, para obtener las señales CLK_{Tx}, se implementa mediante contadores síncronos digitales. La figura 8 muestra un ejemplo en el que dos señales CLK_{T1} y CLK_{T2}, necesarias para la codificación digital de las mediciones de las variables bajo observación 1 y 2, se derivan mediante la división en frecuencia del reloj de referencia CLK_T por factores de escala MT₁=2 y MT₂=4, respectivamente.

Así mismo, con vistas a la transmisión de una señal representativa de la frecuencia de operación interna del transpondedor 20000, la sección de temporización 22200 también proporciona una señal de reloj CLK_{CO} cuyo

periodo es múltiplo entero MCO del periodo de la señal de referencia CLK_T, de forma que

$$FCO = \frac{FTAG}{MCO} \quad (5)$$

5 donde FCO es la frecuencia de la señal CLK_{CO}.

El bloque 22300 es una sección de adquisición y medida que comprende, de acuerdo con la presente invención, medios y procedimientos para la captura y acondicionamiento de las magnitudes eléctricas proporcionadas por los transductores de la sección 23000 y, medios y procedimientos para la derivación y digitalización de los valores representativos de las mediciones de las variables bajo observación.

Por un lado, de acuerdo con la presente invención, los medios y procedimientos del bloque de adquisición y medida 22300 destinados a la captura y acondicionamiento de las magnitudes eléctricas proporcionadas por los transductores de la sección 23000 tienen como objetivo la síntesis de una señal eléctrica equivalente (flujo de corriente o diferencia de potencial), estática o dinámica, dentro de los márgenes de operación del circuito activo 22000. Los mencionados medios y procedimientos para la captura y acondicionamiento de magnitudes eléctricas comprenden, en un caso genérico, elementos de filtrado y escalado para ajustar la amplitud y el contenido espectral de la señal eléctrica equivalente. Además, en el caso particular en que la magnitud eléctrica resultado de la transducción sea una propiedad eléctrica de material o dispositivo, el bloque de adquisición y medida 22300 también comprende los medios y procedimientos, esencialmente basados en leyes constitutivas de elementos de circuito, para la conversión de dicha magnitud en señal eléctrica. En forma matemática, si E_x representa la magnitud eléctrica proporcionada por el transductor x , donde x es un índice genérico que identifica cada uno de los transductores comprendidos en la sección 23000; la señal eléctrica V_x resultante de la aplicación de las técnicas de captura y acondicionamiento de la señal E_x , se puede expresar como

$$V_x = F_x(E_x; P_x) \quad (6)$$

donde $F_x(\bullet)$ es una función biyectiva que da cuenta de las operaciones de conversión y/o escalado conducentes a la obtención de la señal eléctrica V_x , y P_x denota los posibles parámetros de referencia requeridos por dicha función. De acuerdo con la presente invención, tanto $F_x(\bullet)$ como P_x son entidades conocidas con suficiente precisión para los propósitos de medición remota con el sistema telemétrico objeto de la presente invención. En ese sentido, las entidades $F_x(\bullet)$ y P_x están disponibles en la sección de cómputo 14000 del instrumento lector 10000, bien en forma de operaciones matemáticas (ejecutables en la unidad aritmético lógica 14100), o bien en forma de tablas (almacenadas en la memoria interna 14400).

Por otro lado, de acuerdo con la presente invención, el bloque de adquisición y medida 22300 también proporciona los medios y procedimientos para extraer los valores representativos de las mediciones de las variables bajo observación a partir de la señal eléctrica equivalente V_x ; convertir dichos valores representativos al dominio digital y transferir las palabras binarias resultantes a la unidad de procesamiento 22500 para su posterior manipulación.

Con vistas a la reutilización de dispositivos y al tratamiento unificado de información, de acuerdo con la presente invención, la extracción y digitalización de los valores representativos de las mediciones de las variables bajo observación usan como señales de referencia los relojes CLK_{T_x}, generados en el bloque de temporización 22200.

De acuerdo con ello, si la señal eléctrica equivalente V_x es esencialmente estática, su cuantización se realizará, preferentemente, mediante convertidores analógico-digitales basados en integración y contadores digitales. Esta última solución no es en modo alguno limitativa de la presente invención, sino que se puede emplear cualquier otro recurso capaz de codificar el valor representativo de la medición de la variable bajo observación mediante ciclos de la referencia temporal asociada CLK_{T_x}.

Si la señal eléctrica equivalente V_x es dinámica, los medios para la extracción y digitalización de los valores representativos de las mediciones de las variables bajo observación comprenderán, preferentemente, medios para la obtención de un valor en continua asociado a la medición; y medios de cuantización potencialmente idénticos a los usados cuando la señal eléctrica equivalente V_x es esencialmente estática. Los medios para la obtención de un valor dc a partir de la señal eléctrica equivalente V_x dependen en última instancia del tipo de variable monitorizada y están genéricamente formados por circuitos de señal-mixta auxiliados por bloques de procesamiento digital.

Así pues, de acuerdo con la presente invención, el valor representativo de la medición de la variable bajo observación, tanto si la señal eléctrica equivalente V_x es esencialmente estática o dinámica, se codificará mediante números de ciclos de reloj de la referencia temporal asociada CLK_{T_x}. En forma matemática, si NT_x representa el número de ciclos de reloj de la referencia temporal asociada CLK_{T_x}, resultado del procesamiento y cuantificación de la señal eléctrica equivalente V_x , se cumple la expresión

$$NT_X = G_X(V_X, FT_X, Q_X) = G_X\left(V_X, \frac{FTAG}{NT_X}, Q_X\right) \quad (7)$$

donde FT_X es la frecuencia de la señal de reloj $CLKT_X$, $G_X(\bullet)$ es una función que da cuenta de la cuantización del nivel de continua obtenido a partir de la señal eléctrica equivalente V_X y Q_X denota los posibles parámetros locales requeridos por la función $G_X(\bullet)$. La función $G_X(\bullet)$ es monótonica por construcción y, aunque afectada por la resolución propia del proceso de conversión analógica-digital, permite que el número de ciclos de reloj NT_X constituya un valor representativo univaluado de la medición de la variable bajo observación.

El bloque 22400 es una sección de almacenamiento donde se registra un código de identificación único para cada transpondedor 20000 y donde se guarda cualesquiera parámetros Q_X necesarios para la extracción y digitalización de los valores representativos de las mediciones de las variables bajo observación, de acuerdo con la presente invención. En este bloque también se guardan los parámetros de ajuste específicos C_X , potencialmente derivados a través de un proceso de calibración de los transductores. El bloque de almacenamiento 22400 es preferentemente no volátil, del tipo EEPROM, EPROM, OTP o cualquier otro sistema de memoria permanente en ausencia de alimentación.

El bloque 22500 es una unidad de procesamiento en donde se interpretan los comandos recibidos desde el instrumento lector 10000; se gestionan los modos de operación de las diferentes secciones del circuito activo 22000 para acometer las acciones incluidas en dichos comandos; se da formato a los datos que se han de enviar al instrumento lector; y, caso de resultar necesario, se realiza la lectura de datos de la sección de almacenamiento, de la sección de temporización 22200, o de la sección de adquisición de señal sensorial 22300. La figura 9 representa el diagrama de bloques de la unidad de procesamiento 22500, según una realización de la presente invención. Dicha unidad de procesamiento comprende un bloque de cómputo de frecuencia 22510 que se usa para generar un valor representativo de la frecuencia $FTAG$ del reloj de referencia $CLKT$ para su posterior transmisión al instrumento lector 10000; un conjunto de máquinas de estados finitos (FSMs) 22520 que se encargan de procesar los comandos recibidos desde el instrumento lector 10000 y gestionar las correspondientes respuestas; una unidad aritmético lógica (ALU) 22530 para realizar las operaciones aritméticas necesarias; y un conjunto de registros 22540 para el almacenamiento temporal de información y el archivo de los códigos de enlace cuando se establece la comunicación con el instrumento lector 10000. La figura 10 muestra el diagrama funcional del bloque de cómputo de frecuencia 22510 según una realización de la presente invención. Dicho bloque comprende un contador 22511 operado por un reloj $CLKCO$; una máquina de estados 22512 que controla la operación de todos elementos del bloque 22510 según se mostrará más adelante; y un registro 22513 donde se almacena el resultado del cómputo de frecuencia.

El bloque 22600 es una sección de codificación/decodificación y modulación/demodulación de señales en donde se extraen los códigos binarios incluidos en las señales de interrogación procedentes del instrumento lector 10000 y en donde se modulan los datos generados por la unidad de procesamiento 22500 del circuito activo 22000 de acuerdo con las peticiones realizadas por el instrumento lector 10000. El bloque de codificación/decodificación y modulación/demodulación está conectado a la antena 21000 del transpondedor 20000 que sirve de interfaz con el medio.

De acuerdo con los procedimientos de captura y procesado de señal realizados por el circuito activo 22000 y los transductores 23000 incluidos en el transpondedor 20000, de acuerdo con la presente invención, las mediciones de las variables bajo observación se representan en última instancia mediante recuentos de números de ciclos de reloj N_X de señales de referencia $CLKT_X$. Los pasos seguidos en estos procedimientos, expresados por las ecuaciones (3), (6) y (7), son unívocos y, por tanto, reversibles, de forma que N_X constituye un valor representativo de la medición de las variables bajo observación. Más aún, dado que, por un lado, los parámetros de referencia P_X son conocidos con suficiente precisión para los propósitos de medición remota y, por otro, los parámetros de ajuste C_X son transferidos desde el transceptor 20000 al instrumento lector 10000, la interpretación de los datos representativos de las mediciones estaría esencialmente afectada por la incertidumbre sobre el valor exacto de la frecuencia de oscilación FT_X .

Para soslayar este elemento de incertidumbre, existe la posibilidad de calibrar y/o ajustar elementos de circuito del bloque activo 22000, con vistas a la sintonización precisa de la frecuencia de oscilación. Sin embargo, esto aumentaría sensiblemente los tiempos y coste de producción del sistema telemétrico inalámbrico. En su lugar, de acuerdo con una solución preferente de la presente invención, se proporcionan los medios y procedimientos para que el instrumento lector 10000 disponga de una estimación precisa de $FTAG$, y así obtener mediciones de las variables bajo monitorización libres de incertidumbres relativas a la temporización del transpondedor 20000.

En otro aspecto de la presente invención, se muestran los procedimientos para que el instrumento lector 10000 obtenga una estimación de la frecuencia $FTAG$ de la señal de referencia $CLKT$ usada en el circuito activo 22000. El mecanismo comprende cuatro fases: el envío de una trama de temporización desde el instrumento lector 10000 al transpondedor 20000; la detección y medida de dicha trama en unidades de períodos de señal $CLKCO$ por parte del

circuito activo 22000; la transmisión de dicho número de períodos representativo de la frecuencia de la señal de referencia CLKT al instrumento lector 10000; y el cómputo en este último de la frecuencia FTAG en base al dato recibido desde el transpondedor 20000 y los parámetros conocidos de la trama de temporización. Los procedimientos asociados a cada una de estas etapas se describen a continuación.

De acuerdo con un procedimiento definido en la presente invención, el primer paso específico para la estimación remota de la frecuencia FTAG consiste en la síntesis de un comando de petición para la medición de FTAG desde la sección de procesamiento de señal 13000 del instrumento lector 10000 al transpondedor 20000. La secuencia digital asociada a esta orden 13310 es implementada en el bloque generador de comandos 13300 de la sección de procesamiento de señal 13000 incluido en el instrumento lector 10000. La figura 11 muestra la estructura de este comando de petición 13310, de acuerdo con una posible realización de la presente invención, que comprende un identificador de comando 13311; un identificador 13312 del enlace inalámbrico establecido con el transpondedor 20000 (alternativamente, puede incluir un código para que todos los transpondedores en el alcance del instrumento lector computen una estimación de FTAG y la almacenen en un registro interno hasta que dicha información sea requerida por el instrumento lector 10000); y un valor NLEC 13313 que indica el número de bits incluidos en una trama binaria específica de temporización 13314, conocida tanto por el instrumento lector 10000 como por el transpondedor 20000. La duración de la trama binaria 13314 viene dada por

$$TLEC = NLEC0 \cdot TLEC0 + NLEC1 \cdot TLEC1 \quad (8)$$

donde TLEC0 y TLEC1 representan, respectivamente, la duración de los símbolos '0' y '1' de acuerdo con la codificación usada en la sección de modulación y formato de señal 12000 del instrumento lector 10000; y los valores NLEC0 y NLEC1 representan, respectivamente, el número de '0' y '1' incluidos en la trama 13314, de manera que $NLEC = NLEC0 + NLEC1$. Dado que los intervalos de tiempo TLEC0 y TLEC1 están vinculados con la frecuencia FLEC del reloj maestro CLKL usado en el instrumento lector 10000 de acuerdo con las ecuaciones (1) y (2), el valor de TLEC se puede expresar como,

$$TLEC = \frac{NLEC0 \cdot M0 + NLEC1 \cdot M1}{FLEC} \quad (9)$$

y, por tanto, la exactitud con la que se computa la duración del intervalo temporal TLEC viene determinada por la precisión del reloj maestro CLKL usado en el instrumento lector 10000, dado que el resto de parámetros son valores enteros definidos por diseño. Puesto que dicho reloj maestro CLKL usa, de acuerdo con la presente invención, técnicas de alta precisión esencialmente invariables frente a cambios en el proceso tecnológico, temperatura de operación o fuentes de alimentación, la duración TLEC tiene un valor bien definido en términos absolutos. Es reseñable que la estructura de comando de petición 13310 no es en modo alguno limitativa de la presente invención sino que puede incluir cualesquiera modificaciones resulten necesarias para cumplir con las especificaciones de formato establecidas por el estándar de comunicación entre el instrumento lector 10000 y el transpondedor 20000, siempre y cuando, satisfaga el objetivo de enviar una trama binaria de temporización 13314.

Una vez el comando de petición 13310 para la medición de FTAG es transmitido desde el instrumento lector 10000 y, posteriormente, recibido, demodulado, decodificado e identificado por el transpondedor 20000, el siguiente paso específico para la estimación remota de la frecuencia FTAG, de acuerdo con la presente invención, es la interpretación de la trama binaria 13314 contenida en el comando 13310. El objetivo de esta interpretación es obtener un valor representativo de la duración de la trama TLEC en términos de la frecuencia FTAG que se pretende estimar. Este proceso se realiza en la sección de cómputo de frecuencia 22510 contenida en la unidad de procesamiento de señal 22500 del circuito activo 22000. El proceso es como sigue. Cuando la máquina de estado 22512 detecta el comienzo de la trama 13314 activa el contador 22511, inicialmente deshabilitado. Conforme progresa la trama 13314, el contador 22511 va actualizando dinámicamente el número de ciclos transcurridos de reloj CLKCO y continúa de este modo hasta que recibe una señal de parada desde la máquina de estado 22512, en consonancia con la finalización del período NLEC. En ese momento, el contador 22511 transfiere el último número de ciclos medidos, NTAG, al registro 22513 y pasa a estado inactivo. Una vez almacenado el valor de NTAG, la máquina de estado 22512 indica a la unidad de procesamiento de datos 22500, que la medición se ha completado y el resultado está listo para ser enviado al instrumento lector 10000. De acuerdo con este procedimiento el valor de NTAG viene dado por:

$$NTAG = \lfloor TLEC \cdot FCO \rfloor = \left\lfloor \frac{(TLEC \cdot FTAG)}{MCO} \right\rfloor \quad (10)$$

donde el operador $\lfloor \rfloor$ indica redondeo del argumento hacia el valor entero inferior más cercano. Puesto que TLEC y MCO son conocidos con precisión, el número NTAG es un valor representativo de FTAG, tanto más preciso cuanto más larga sea la trama binaria 13314 cuya duración es TLEC.

El siguiente paso específico en el procedimiento para la estimación remota de la frecuencia FTAG es la codificación del dato NTAG en una secuencia binaria 22521 que, tras su transmisión inalámbrica desde el transpondedor 20000, pueda ser reconocida por el instrumento lector 10000. En una posible realización de la presente invención, dicha secuencia binaria 22521 es generada por una de las máquinas de estado 22520 contenidas en la sección de

procesado 22500 del circuito activo 22000, y tiene los contenidos mostrados en la figura 12 que comprenden un identificador del tipo de respuesta que se está enviando, un identificador del enlace inalámbrico establecido entre el transpondedor 20000 y el instrumento lector 10000 y, por último, el valor de NTAG. De forma similar al comando de petición 13110, la secuencia binaria 22521 puede incluir cualesquiera modificaciones resulten necesarias para cumplir con las especificaciones de formato establecidas por el estándar de comunicación entre el instrumento lector 10000 y el transpondedor 20000, siempre y cuando, se transmita el valor de NTAG.

Una vez la secuencia binaria 22521 es transmitida desde el transpondedor 20000 y, posteriormente, recibida, demodulada, decodificada e identificada por el instrumento lector 10000, el último paso específico consiste en la obtención de una estimación de la frecuencia FTAG de transpondedor 20000. Dicha estimación se realiza en la unidad de cómputo 14000 del instrumento lector 10000, bajo el control de la sección de procesamiento de señal 13000, donde se dispone de los medios necesarios para realizar la operación:

$$FTAG_a = \frac{NTAG \cdot MW}{FLEC} = \frac{NTAG \cdot MW}{NLEC \cdot M_0 + NLEC \cdot M_1} \cdot FLEC \quad (11)$$

donde FTAGa es el resultado deseado de la estimación de la frecuencia interna del transpondedor 20000, expresado en términos de parámetros conocidos en el instrumento lector 10000 y convenientemente almacenados en la memoria 14400 de la unidad de cómputo 14000. El valor FTAGa es esencial para interpretar los valores representativos, basados en temporización, de las variables bajo monitorización.

La figura 13 muestra dos posibles escenarios de enlace de comunicación inalámbrico 30000 entre el instrumento lector 10000 y el transpondedor 20000 para la obtención de FTAGa, de acuerdo con la presente invención.

En el primer escenario 31000, el transpondedor 20000 responde inmediatamente con una secuencia binaria 22521, tras la recepción de un comando de petición 13310 desde el instrumento lector 10000. Este escenario sólo es factible cuando hay un único transpondedor 20000 habilitado en el entorno del instrumento lector 10000.

El segundo escenario 32000 comienza con la emisión desde el instrumento lector 10000 de un comando de petición de frecuencia FTAG 13310, a cuya recepción los transpondedores 20000 en el alcance del interrogador 10000 realizan el cómputo de NTAG y lo almacenan. Posteriormente el instrumento lector 10000 envía un comando de selección para elegir un transpondedor de entre la población de transpondedores a su alcance. El transpondedor 20000 seleccionado responde con un identificador del enlace de comunicación establecido con el instrumento lector 10000. Acto seguido, dicho instrumento lector 10000 envía un comando de petición de datos almacenados que incluye, entre otros parámetros, el identificador de comunicación previamente emitido por el transpondedor 20000 seleccionado. Por último, el transpondedor seleccionado 20000 envía una secuencia de repuesta 22521, que incluye de nuevo el mismo identificador de comunicación utilizado con anterioridad. Dado que el comando de identificación de enlace es único para cada comunicación, las lecturas de los transpondedores 20000 en el alcance del instrumento lector 10000 están singularizadas y, por tanto, no ha lugar a colisiones entre los datos recibidos por el instrumento lector 10000.

Siguiendo un procedimiento análogo al empleado para la petición y posterior transmisión de un valor representativo de la frecuencia interna de operación FTAG del circuito activo 22000 descrito con relación a la figura 13, el sistema de monitorización inalámbrico contempla, de acuerdo con la presente invención, un procedimiento para la petición (sentido instrumento lector 10000 a transceptor 20000) y posterior transmisión (sentido transceptor 20000 a instrumento lector 10000) del valor NTx representativo de la medición de la variable x bajo monitorización. La diferencia más notable entre los dos procedimientos es que el comando de petición del valor representativo NTx emitido desde el instrumento lector 10000, no contiene una trama binaria de temporización del tipo 13314.

Al igual que para la estimación remota de FTAG, la configuración particular de los comandos usados para la lectura de las mediciones de la variable bajo monitorización han de cumplir las especificaciones de formato establecidas por el estándar de comunicación entre el instrumento lector 10000 y el transpondedor 20000.

En el caso más general, el proceso de petición y respuesta entre un integrador 10000 y un transpondedor 20000, de acuerdo con la presente invención, puede contemplar el envío de más de un valor representativo de variable bajo observación. A tal fin, se ha de indicar la identificación de comando apropiada 13311 en la trama de petición 13310 (generada por la sección de procesamiento de señal 13000 del instrumento lector 10000), e incluir la identificación correspondiente en la trama de respuesta 22521 (generada por la unidad de procesamiento 22500 del transpondedor 20000).

Dado que, de acuerdo con la presente invención, las mediciones de las variables bajo observación se representan mediante recuentos de números de ciclos de reloj de señales de referencia CLKTx, cuya frecuencia se puede estimar en el instrumento lector 10000, de acuerdo con la expresión

$$FT_{\text{sa}} = \frac{MCQ \cdot NTAG}{MT_x \cdot TLEC}$$

(12)

y dado que tanto las funciones como parámetros expresadas en las ecuaciones (3), (6) y (7) son conocidas con suficiente precisión, la sección de cómputo 14000 del instrumento lector 10000 cuenta con todos los elementos necesarios para la reproducción de la medición remota realizada en el transpondedor 20000.

La figura 18 muestra los pasos básicos contemplados en un método de comunicación entre un transpondedor "SENSOR INALÁMBRICO" y un instrumento lector "INTERROGADOR", de acuerdo con un ejemplo de realización de la presente invención. El método de comunicación entre un transpondedor y un instrumento lector, ambos para un sistema telemétrico inalámbrico para la monitorización de magnitudes estáticas y dinámicas, donde el transpondedor está definido en uno cualquiera de los ejemplos de realización anteriormente definidos, y donde el instrumento lector también está definido según uno cualquiera de los ejemplos de realización anteriormente descritos, comprende (ver figura 18):

- en primer lugar 41000, el instrumento lector selecciona e interroga a un transpondedor de entre un conjunto limitado de transpondedores localizados en un rango de cobertura del instrumento lector mediante el envío de una señal de interrogación;
- en segundo lugar 42000, el transpondedor seleccionado transmite unos datos requeridos por el instrumento lector en respuesta a la señal de interrogación recibida;
- en tercer lugar 43000, el instrumento lector recibe e interpreta los datos emitidos por el transpondedor, y transfiere unos datos correspondientes al usuario.

La figura 19 muestra los pasos contemplados en un método para la estimación remota de la frecuencia de operación interna de un transpondedor "SENSOR INALÁMBRICO" desde un instrumento lector "INTERROGADOR", de acuerdo con un ejemplo de realización de la presente invención. El método adicionalmente comprende determinar de forma remota la frecuencia de operación interna del transpondedor seleccionado e interrogado, por el instrumento lector, mediante las siguientes etapas (ver figura 19):

- generación 51000 en el instrumento lector de un comando que contiene una trama binaria específica de duración predeterminada;
- recepción, demodulación y decodificación 52000 en el transpondedor del comando emitido por el instrumento lector;
- activación de una máquina de estados finitos 53000 para detectar los instantes inicial y final de la trama binaria específica;
- habilitación de un contador digital 54000, operado a una frecuencia proporcional a la frecuencia interna del transpondedor, en el momento en que la máquina de estados finitos detecta el instante inicial de la trama;
- inhabilitación del contador 55000 cuando la máquina de estados finitos detecta el instante final de la trama;
- almacenamiento, codificación y posterior envío 56000 al instrumento lector del número de ciclos contados por el contador digital;
- recepción, demodulación y decodificación 57000 de dicho número de ciclos en el instrumento lector; y,
- cálculo de la frecuencia interna 58000 del transpondedor en función del número de ciclos contados, la constante de proporcionalidad del reloj usado en el recuento y de la duración de la trama binaria enviada por el instrumento lector.

Implementación de la invención.

En un ejemplo de posible implementación de la presente invención, el sistema de monitorización usa tecnología RFID (Radio Frequency Identification) en la banda UHF o microondas en cuyo caso, el interrogador 10000 se implementa mediante un lector RFID convenientemente configurado para la aplicación, y el transpondedor 20000 usa los mecanismos propios de comunicación de un transpondedor RFID en las citadas frecuencias de operación, a los que se añaden los medios y procedimientos específicos descritos en la presente invención. En general, el sistema de comunicación puede usar cualquier otra tecnología de comunicaciones "peer-to-peer" inalámbrica.

En este ejemplo de realización de la presente invención, la modulación realizada por el bloque 22600 del transpondedor 20000 para enviar datos al instrumento lector 10000 utiliza la técnica de "backscattering". De acuerdo con esta técnica, la transmisión digital de información se realiza mediante la alteración controlada de los coeficientes de reflexión de la antena 21000 en función del dato binario a enviar. Para su implementación, la sección de modulación 12000 del instrumento lector 10000 debe proporcionar los medios para detectar los cambios en la potencia reflejada por 21000 y determinar así si el bit enviado es un '0' o un '1' lógico.

En una configuración preferente del ejemplo de aplicación de la presente invención, la unidad de gestión de energía 22100 del circuito activo 22000 incluye los medios y procedimientos para generar y almacenar energía a partir de la señal radiada por el instrumento lector 10000 y capturada por la antena 21000 del transpondedor 20000. Este procedimiento de obtención de energía se realiza por medio de un circuito de conversión RF a DC, incluido en la unidad 22100, que rectifica y multiplica la señal radiada incidente hasta conseguir una tensión continua lo

suficientemente alta como para alimentar el transpondedor 20000.

De acuerdo con este ejemplo de realización, los transductores 23000 y el bloque de adquisición y medida 22300 del circuito activo 22000, ambos incluidos en el transpondedor 20000, comprenden los medios y procedimientos necesarios para la medición con fines clínicos de la temperatura corporal (variable bajo observación identificada con el índice 1) y el ritmo cardíaco (variable bajo observación identificada con el índice 2) de individuos. Dado que, de acuerdo con una configuración preferente de este ejemplo de aplicación, el transpondedor 20000 es pasivo, el consumo de potencia generado por los medios y procedimientos comprendidos en los bloques 23000 y 22300 para la medición de estas variables bajo observación es del orden de unos pocos microamperios.

En una posible configuración de la presente implementación de la invención, la magnitud eléctrica interpretable por el sistema telemétrico para la medición de la temperatura corporal (variable bajo observación esencialmente estática de acuerdo con la base de tiempos del sistema de monitorización propuesto) es la resistencia a través de un termistor clínico intercambiable (transductor incluido en el bloque 23000 con vector C1 nulo), y el valor representativo de la medición es un número que cuantifica la variación de dicha resistencia con respecto a la mostrada por un resistor invariable con la temperatura que actúa como parámetro P1 en la ecuación (6). Es reseñable que la citada realización no es en modo alguno limitativa ni del ejemplo de aplicación ni de la presente invención en su conjunto. Antes al contrario, cualquier otra solución que satisfaga los propósitos de medición de temperatura corporal con la precisión y resolución requeridas por la aplicación (aproximadamente $\pm 0.1^\circ\text{C}$ en un rango de temperaturas de en torno a $30\text{-}45^\circ\text{C}$) puede ser igualmente válida.

Del mismo modo, en una posible configuración de la presente implementación de la invención, la magnitud eléctrica interpretable por el sistema telemétrico para la medición del ritmo cardíaco de un individuo (variable bajo observación dinámica de acuerdo con la base de tiempos del sistema de monitorización propuesto) es directamente la señal EEG capturada mediante electrodos, y el valor representativo de la medición es un número que cuantifica el promedio de ocurrencias de complejos QRS en un tiempo limitado de tiempo de pocos segundos. En una implementación preferente, la detección de complejos QRS se realiza en el dominio digital. En todo caso, esta implementación preferente no se puede considerar limitativa ni del ejemplo de aplicación ni de la presente invención en su conjunto. Antes al contrario, cualquier otra solución que satisfaga los propósitos de medición de ritmo cardíaco con una precisión de aproximadamente $\pm 1\%$ en un rango de alrededor de 30 a 240 pulsaciones por minuto.

También de acuerdo con esta implementación de la presente invención, la frecuencia interna de operación FTAG del transpondedor 20000 debe ser igual o superior a un valor dado de modo que se verifiquen los niveles de tolerancia y la resolución temporal del enlace instrumento lector 10000 a transpondedor 20000, impuestos por el estándar RFID seleccionado. Dicha frecuencia se divide internamente, en la sección de temporización 22200 del circuito activo 22000, por factores MCO, MT1 y MT2 con vistas a generar los relojes necesarios para la codificación digital de las señales representativas de la frecuencia de operación interna del transpondedor 20000 (NTAG), y de las medidas de las variables bajo observación (NT1 y NT2).

Del mismo modo, de acuerdo con esta implementación de la presente invención, las secciones de procesado de señal 13000 del instrumento lector 10000 y 22500 del transpondedor 20000, implementan los medios (incluyendo máquinas de estado, registros y memorias no-volátiles) y procedimientos obligatorios especificados en el estándar RFID UHF/microondas seleccionado. Estos procedimientos obligatorios son usados en este ejemplo de realización de la presente invención, no sólo para enviar la identificación del dispositivo, como es usual en sistemas RFID, sino también para transferir información relativa a las medidas de temperatura corporal y ritmo cardíaco.

De este modo, usando los recursos obligatorios definidos en el estándar RFID UHF/microondas seleccionado y disponibles en la sección de procesado de señal 13000 del instrumento lector de acuerdo con la presente invención, el comando para indicar al transpondedor 20000 el inicio de medidas con los sensores incorporados se realiza con una orden de tipo WRITE. La figura 14 muestra el arquetipo de dicho comando tipo WRITE 13330, configurado para los propósitos de inicio de medidas, que comprende seis campos binarios. El primer campo 13331 es un identificador establecido por el estándar RFID. El segundo campo 13332 hace referencia al banco de memoria seleccionado. Para el caso específico de inicio de medidas en el transpondedor 20000, dicho banco de memoria es un banco de usuario identificado por la dupla "11". El tercer campo 13333 es un puntero de dirección de memoria que en la presente configuración se usa para definir el tipo de medida a realizar. En concreto, dependiendo de si los bits menos significativos del puntero de dirección 13333 valen "00", "01" o "10", el comando ordena medición con ambos sensores, medición con sólo el sensor de temperatura o medición con sólo el sensor de ritmo cardíaco, respectivamente. El cuarto campo 13334 es un vector que contiene los datos a escribir en la dirección apuntada. Para el caso específico de inicio de medidas en el transpondedor 20000, dicho vector 13334 es nulo. Los últimos dos campos RN16 13335 y CRC-16 13336 se utilizan convencionalmente para identificar la comunicación con el transpondedor 20000 y para detectar errores en el enlace, respectivamente. La configuración exacta del comando de tipo WRITE depende en última instancia del protocolo RFID seleccionado.

También usando los recursos obligatorios definidos en el estándar RFID UHF/microondas seleccionado y disponibles en la sección de procesamiento de señal 22500 del transpondedor 20000 de acuerdo con la presente invención, el transpondedor sólo responde al comando de tipo WRITE 13330 configurado para los propósitos de realización de mediciones, cuando estas han concluido. La figura 15 muestra la trama binaria de dicha respuesta 22522 que comprende un encabezado con valor '0', así como, los campos RN16 13335 y CRC-16 13336, previamente incluidos en el comando de tipo WRITE. La configuración exacta de la respuesta al comando de tipo WRITE depende en última instancia, del protocolo RFID seleccionado.

De forma similar, usando los recursos obligatorios definidos en el estándar RFID UHF/microondas seleccionado y disponibles en la sección de procesamiento de señal 13000 del instrumento lector de acuerdo con la presente invención, el comando para pedir al transpondedor 20000 el envío de las medidas realizadas se realiza con una orden de tipo READ. Este comando se utiliza para reclamar la información representativa tanto del sensado de temperatura corporal y ritmo cardíaco, como de la frecuencia de operación del transpondedor 20000. La figura 16 muestra el arquetipo de dicho comando tipo READ 13340, configurado para los propósitos de solicitud de información, que comprende seis campos binarios. Todos los campos tienen una descripción similar a los correspondientes campos del comando tipo WRITE 13330, configurado para los propósitos de inicio de medidas. La única diferencia es la configuración de los bits menos significativos de los campos tercero 13343 y cuarto 13344, cuyas definiciones determinan el tipo de dato requerido. De modo similar al comando tipo WRITE, la configuración exacta del comando de tipo READ, depende en última instancia, del protocolo RFID seleccionado.

Siguiendo procedimientos obligatorios definidos en el estándar RFID UHF/microondas seleccionado y disponibles en la sección de procesamiento de señal 22500 del transpondedor 20000 de acuerdo con la presente invención, el transpondedor 20000 responde al comando tipo READ 13340, configurado para los propósitos de solicitud de información, con una trama binaria compatible con las especificaciones del estándar. La figura 17 muestra dicha trama 22523 que comprende cuatro campos. El primer campo es un encabezado cuyo valor es '0'. El segundo campo incluye los datos requeridos por el instrumento lector 10000. Dichos datos están en concordancia con la configuración de los bits menos significativos de los campos tercero 13343 y cuarto 13344, definidos en el comando tipo READ 13340. Los dos últimos campos, RN16 y CRC-16, tal como se describió con anterioridad, están vinculados con el correcto establecimiento de la comunicación inalámbrica. De nuevo, la configuración exacta de la respuesta al comando de tipo READ depende en última instancia, del protocolo RFID seleccionado.

Además de los procedimientos obligatorios definidos en el estándar RFID UHF/microondas seleccionado, las secciones de procesamiento de señal 13000 del instrumento lector 10000 y 22500 del transpondedor 20000 implementan, de acuerdo con la implementación preferida de la presente invención, un comando específico definido por usuario y compatible con el estándar, para la petición de información concerniente a la frecuencia de operación interna del transpondedor 20000. La trama binaria del comando específico adoptado en este ejemplo de realización de la presente invención para realizar la petición de un valor representativo de la frecuencia de operación interna del transpondedor 20000, sigue esencialmente el mismo formato 13310 mostrado en la figura 11. En este ejemplo de realización, el valor de NLEC representativo del número de bits incluidos en la trama específica de temporización 13314 debe tomar un valor lo suficientemente alto como para que el error cometido en la estimación de la frecuencia de operación, FTAG, del transpondedor 20000, de acuerdo con (12), sea inferior al 0.1%.

En una forma de realización de la implementación de la presente invención, la antena 21000 del transpondedor 20000 es preferentemente planar y se imprime preferentemente con tinta conductora en un sustrato flexible, adaptable al cuerpo del paciente. La conexión entre el sustrato de antena y el circuito activo 22000 se realiza preferentemente mediante adhesivo isotrópico conductor. Dado que el estándar RFID considerado en este ejemplo de realización opera en la banda UHF/microondas, las comunicaciones entre el instrumento lector 10000 y el transpondedor 20000 se realizan en la región de campo lejano de la antena 21000.

En una forma de realización de la implementación de la presente invención, el transpondedor 20000 adopta una serie de medidas de protección con objeto de mejorar las prestaciones de los sensores y reducir el impacto de las condiciones ambientales. Así, el ensamblaje de los transductores 23000 y el circuito activo 22000 está apantallado por una pasta aislante de silicona. Además, el transpondedor 20000 se aloja en un soporte sanitario convencional como vendajes, brazaletes, apósitos o parches, o en una prenda en contacto con el cuerpo del paciente.

Los diferentes aspectos mencionados en relación con este ejemplo de realización de la presente invención, conllevan novedades y mejoras frente al estado de la técnica, que conducen a aumentar el nivel de confort del paciente y la autonomía de las comunicaciones, así como a garantizar precisión en la medida y conformidad con regulaciones internacionales.

Así, de acuerdo con este ejemplo de realización de la implementación de la presente invención, el transpondedor 20000 es completamente pasivo, esto es, no necesita baterías externas, lo que permite extender considerablemente el tiempo de vida útil del dispositivo (esencialmente limitada por la resistencia del soporte). Ello implica que no sólo la sección de comunicación inalámbrica, sino también la de captura de valores fisiológicos, se alimentan

exclusivamente de la energía generada con la señal radiada procedente del instrumento lector 10000. En otras palabras, los sensores de temperatura y ritmo cardíaco tampoco necesitan baterías, a diferencia de las propuestas del estado de la técnica (US2010156598 y US2004215098). Además, la invención añade más prestaciones a las propuestas del estado de la técnica (W02011010437 y "Full Passive UHF Tag with a Temperature Sensor Suitable for Human Body Temperature Monitoring" de A. Vaz, et al), por cuanto, aunque se tratan de dispositivos sin batería, sólo permiten medir temperatura corporal, no ritmo cardíaco.

En otra realización, el transpondedor 20000 exhibe rangos de cobertura inalámbrica superiores a tres metros a raíz del uso de técnicas de campo lejano, lo que representa un elemento claramente diferenciador frente a las otras propuestas. Todas las aportaciones del estado de la técnica citada salvo "Full Passive UHF Tag with a Temperature Sensor Suitable for Human Body Temperature Monitoring" de A. Vaz, et al, que especifica dos metros de rango, requieren distancias entre el transpondedor y el dispositivo sensor de pocos centímetros porque emplean técnicas de campo cercano o de acoplo inductivo. Por el contrario, nuestra invención permite que el paciente pueda estar monitorizado a distancia y de forma inadvertida.

Aún en otro aspecto, este ejemplo de realización de la implementación de la presente invención obtiene niveles de tolerancia usuales en aplicaciones clínicas (precisión de $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ en la ventana de $30\text{-}45^{\circ}\text{C}$, en lo referente a la monitorización de temperatura corporal; y de $\pm 1\%$ en un rango de 30 a 240 pulsaciones por minuto, en cuanto a la monitorización del ritmo cardíaco) con alta fidelidad, dado que los transductores están apantallados y en contacto directo con la piel del individuo, lo que reduce la exposición de las mediciones frente a agentes ambientales o a desviaciones inducidas por el funcionamiento del bloque activo 22000. Por el contrario, ninguno de los documentos del estado de la técnica citados contempla explícitamente el contacto directo del sensor de temperatura con la piel del paciente. Más aún, el documento del estado de la técnica US2010171596 no incluye ningún sensor ni tampoco es compatible con lectores RFID comerciales.

Por último, en este ejemplo de realización de la implementación de la presente invención no se requieren técnicas de calibración o ajuste (trimming), a diferencia de las divulgaciones del estado de la técnica en W02011010437, "Full Passive UHF Tag with a Temperature Sensor Suitable for Human Body Temperature Monitoring" de A. Vaz, et al. y US2004215098 que necesitan calibración para asegurar que el parámetro bajo monitorización tenga la precisión deseada. Generalmente, el proceso de calibración se ha de realizar de forma individual sobre cada transpondedor una vez concluido el proceso de ensamblaje. En un escenario de fabricación en masa, el proceso de calibración ralentiza el volumen de producción, puede requerir maquinaria costosa y añade un coste significativo al valor final del transpondedor. En la presente invención, ni los sensores ni la propia unidad RFID de comunicaciones, necesitan calibración o ajuste de dispositivos discretos, lo que reduce sensiblemente los tiempos y coste de producción. La aportación del documento del estado de la técnica US2010156598 presenta un alto grado de indefinición dado que ni describe los sensores que se usan ni plantea un esquema de adquisición de señal.

De acuerdo con todo lo anterior, el individuo puede estar monitorizado a distancia, de forma inadvertida para este, lo que abre las puertas a nuevas aplicaciones como la instrumentalización de plazas hospitalarias (desde un único puesto de control se podría monitorizar la temperatura y ritmo cardíaco de toda una planta), el control de pacientes en triage o la monitorización de las constantes vitales de ancianos en geriátricos.

Así mismo, este ejemplo de implementación de la presente invención permite complementar/mejorar la funcionalidad de dispositivos en el mercado como los vigila-bebés (en la actualidad proporcionan audio y, en algunos casos, video y control de movimiento). Disponer de información sobre la temperatura y ritmo cardíaco del bebé, con la posibilidad de incluir niveles de alarma, proporcionaría valor añadido a estos dispositivos.

En otra aplicación, este ejemplo de realización de la implementación de la presente invención se puede usar en un sistema para la monitorización del stress de un individuo, dado que tanto la temperatura corporal como el ritmo cardíaco son indicativos esenciales de stress.

REIVINDICACIONES

1.- Instrumento lector para un sistema telemétrico inalámbrico para la monitorización de magnitudes estáticas y dinámicas, donde el instrumento lector (10000) está caracterizado por que comprende:

- una antena (11000) capaz de transmitir diferentes señales de interrogación hacia un transpondedor y de recibir señales de información desde dicho transpondedor;
- una sección de comunicación (12000) conectada a la antena que proporciona los medios y procedimientos para definir unos formatos de señal, una codificación de datos, un tipo de modulación, unas tasas de transmisión/recepción, una envolvente RF y unos parámetros que establecen la comunicación inalámbrica con el transpondedor;
- una sección de procesamiento de señal (13000), la cual está conectada a la sección de comunicación (12000), donde la sección de procesamiento de señal (13000) proporciona los medios y procedimientos necesarios para crear, de acuerdo con las instrucciones del usuario, la secuencia de comandos requerida para seleccionar e interrogar al transpondedor, así como para identificar y clasificar los datos recibidos procedentes de dicho transpondedor;
- una sección de cómputo (14000) que interpreta los valores representativos de la frecuencia de operación interna del transpondedor y de las mediciones de las variables bajo observación, previamente clasificados en la sección de procesamiento de señal (13000);
- una unidad de temporización (15000) estable con la temperatura que determina la frecuencia de operación de todo el instrumento lector y que proporciona a la sección de cómputo (14000) de los parámetros necesarios para interpretar los valores representativos tanto de la frecuencia de operación interna del transpondedor como de las mediciones de las variables bajo observación;
- una sección de interfaz de usuario (16000) que proporciona los medios para que se activen los procedimientos de identificación y medida de variables bajo observación desde el transpondedor; y,
- una sección de salida de datos (17000) que proporciona unos medios y procedimientos para almacenar los datos medidos por el transpondedor y unos de comunicación de dichos datos con el exterior.

2.- Transpondedor para un sistema telemétrico inalámbrico para la monitorización de magnitudes estáticas y dinámicas, donde el transpondedor (20000) está caracterizado por que comprende:

- una antena (21000) capaz de recibir diferentes señales de interrogación desde un instrumento lector y de transmitir a dicho instrumento lector señales representativas de su identificación exclusiva y de su frecuencia de operación interna, así como de unas mediciones de unas variables bajo observación;
- un circuito activo (22000) que gestiona unas operaciones de comunicación con el instrumento lector así como unas operaciones de tratamiento de datos de acuerdo con las instrucciones recibidas; y,
- un conjunto de transductores (23000), asociados a las variables bajo observación, que convierten unas magnitudes monitorizadas de las variables bajo observación a valores eléctricos interpretables por el circuito activo, tal que la conversión realizada por cada transductor es una función monotónica, conocida y disponible en la sección de cómputo del instrumento lector.

3.- Transpondedor para un sistema telemétrico inalámbrico para la monitorización de magnitudes estáticas y dinámicas, según la reivindicación 2, caracterizado por que el circuito activo (22000) comprende:

- una sección de almacenamiento (22100) en donde se registra un código de identificación único para el transpondedor;
- una unidad de generación y almacenamiento de energía (22400) en donde se generan y regulan unas tensiones de alimentación necesarias para el funcionamiento del transpondedor;
- una sección de temporización (22200) en donde se generan autónomamente unas señales de reloj necesarias para activar el transpondedor;
- una sección de modulación y demodulación de señales (22600) en donde se extraen unos códigos binarios incluidos en las señales de interrogación procedentes del instrumento lector, y en donde se modulan los datos generados por el transpondedor de acuerdo con las peticiones realizadas por dicho instrumento lector;
- una unidad de procesamiento (22500) en donde se interpretan los comandos recibidos desde el instrumento lector, se gestionan los modos de operación de las diferentes secciones del circuito activo para llevar a cabo unas acciones incluidas en dichos comandos y se da formato a los números binarios representativos de la frecuencia de operación interna del transpondedor y de las mediciones de las variables bajo observación que se han de enviar a dicho instrumento lector; y,
- una sección de adquisición y medida (22300) que proporciona los medios y procedimientos para secuenciar la actividad de los transductores, convertir las señales analógicas obtenidas de dichos transductores al dominio digital y transferir dichos datos digitales a la unidad de procesamiento, tal que, la conversión de

datos realizada en la sección de adquisición y medida es una función monotónica, conocida y disponible en la sección de cómputo del instrumento lector.

- 5 4.- Transpondedor para un sistema telemétrico inalámbrico para la monitorización de magnitudes estáticas y dinámicas, según la reivindicación 3, caracterizado por que el circuito activo (22000) está fabricado sobre un sustrato que se elige de entre: silicio, orgánico, silicio sobre aislante, silicio-germanio, fosforo de indio y arseniuro de galio.
- 10 5.- Transpondedor para un sistema telemétrico inalámbrico para la monitorización de magnitudes estáticas y dinámicas, según la reivindicación 3, caracterizado por que la unidad de procesamiento (22500) comprende una máquina de estados finitos instalada en el transpondedor que detecta una trama de temporización enviada desde el instrumento lector, y un contador digital activado por un reloj interno del transpondedor que cuenta el número de períodos de reloj comprendidos en dicha trama.
- 15 6.- Método de comunicación entre un transpondedor y un instrumento lector, ambos para un sistema telemétrico inalámbrico para la monitorización de magnitudes estáticas y dinámicas, donde el transpondedor está definido en una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 5, y donde el instrumento lector está definido según la reivindicación 1; el método de comunicación está caracterizado por que comprende:
 - 20 •en primer lugar (41000), el instrumento lector selecciona e interroga a un transpondedor de entre un conjunto limitado de transpondedores localizados en un rango de cobertura del instrumento lector mediante el envío de una señal de interrogación;
 - en segundo lugar (42000), el transpondedor seleccionado transmite unos datos requeridos por el instrumento lector en respuesta a la señal de interrogación recibida;
 - 25 •en tercer lugar (43000), el instrumento lector recibe e interpreta los datos emitidos por el transpondedor, y transfiere unos datos correspondientes al usuario.
- 30 7.- Método de comunicación entre un transpondedor y un instrumento lector, según la reivindicación 6, donde el método adicionalmente comprende determinar de forma remota la frecuencia de operación interna del transpondedor seleccionado e interrogado, por el instrumento lector, mediante las siguientes etapas:
 - generación (51000) en el instrumento lector de un comando que contiene una trama binaria específica de duración predeterminada;
 - recepción, demodulación y decodificación (52000) en el transpondedor del comando emitido por el
 - 35 instrumento lector;
 - activación de una máquina de estados finitos (53000) para detectar los instantes inicial y final de la trama binaria específica;
 - habilitación de un contador digital (54000), operado a una frecuencia proporcional a la frecuencia interna del transpondedor, en el momento en que la máquina de estados finitos detecta el instante inicial de la trama;
 - 40 •inhabilitación del contador (55000) cuando la máquina de estados finitos detecta el instante final de la trama;
 - almacenamiento, codificación y posterior envío (56000) al instrumento lector del número de ciclos contados por el contador digital;
 - recepción, demodulación y decodificación (57000) de dicho número de ciclos en el instrumento lector; y,
 - 45 •cálculo de la frecuencia interna (58000) del transpondedor en función del número de ciclos contados, la constante de proporcionalidad del reloj usado en el recuento y de la duración de la trama binaria enviada por el instrumento lector.
- 50 8.- Sistema telemétrico inalámbrico para la monitorización de magnitudes estáticas y dinámicas que comprende un transpondedor de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 5, un instrumento lector según la reivindicación 1 y un método para la determinación remota de la frecuencia de operación interna del transpondedor mediante el instrumento lector según una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 7.

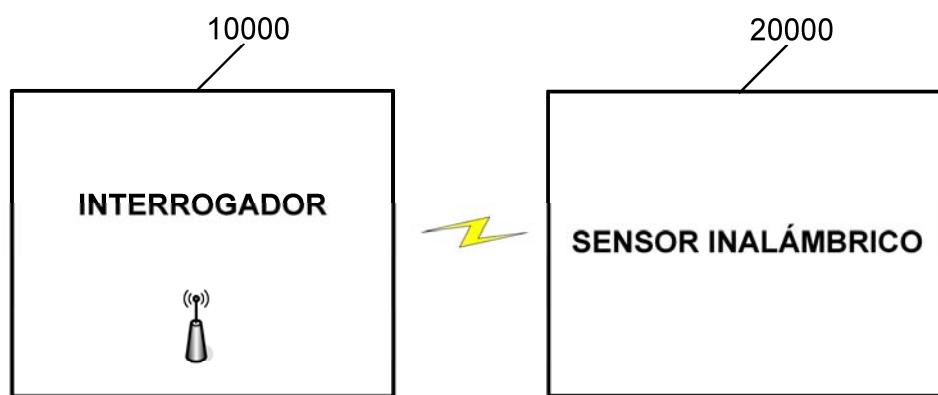


FIG. 1

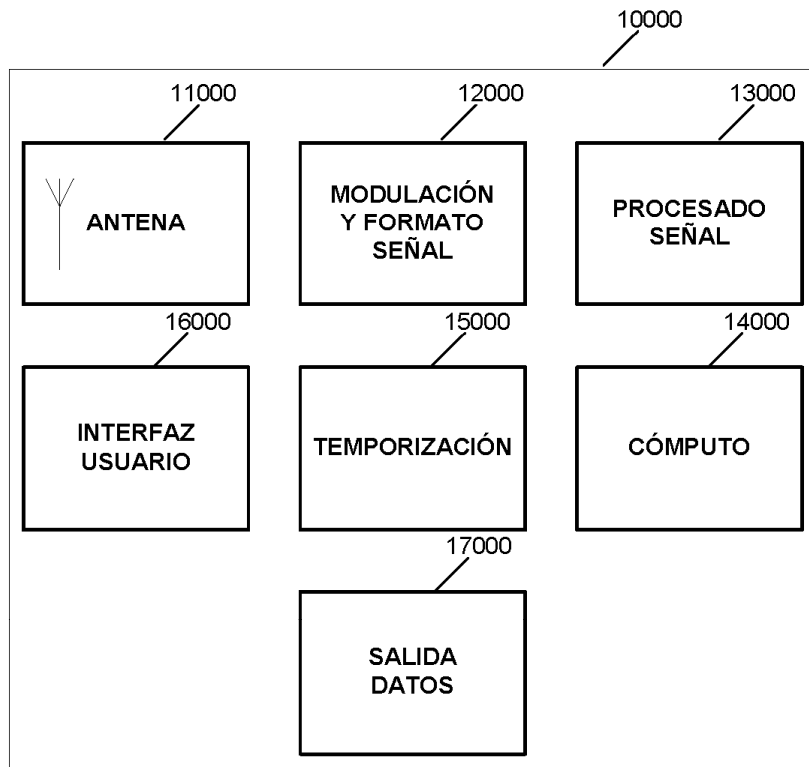


FIG. 2

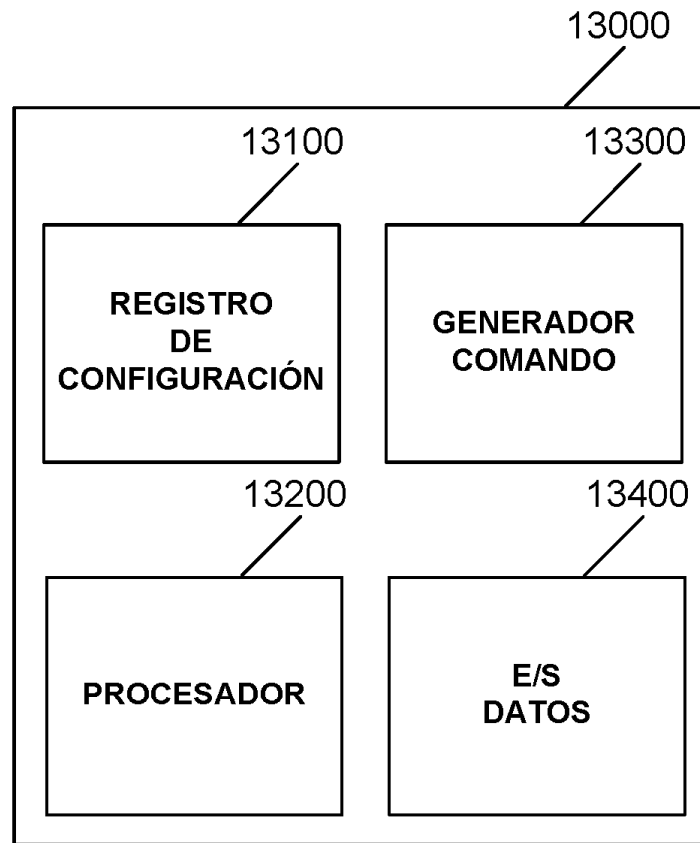


FIG. 3

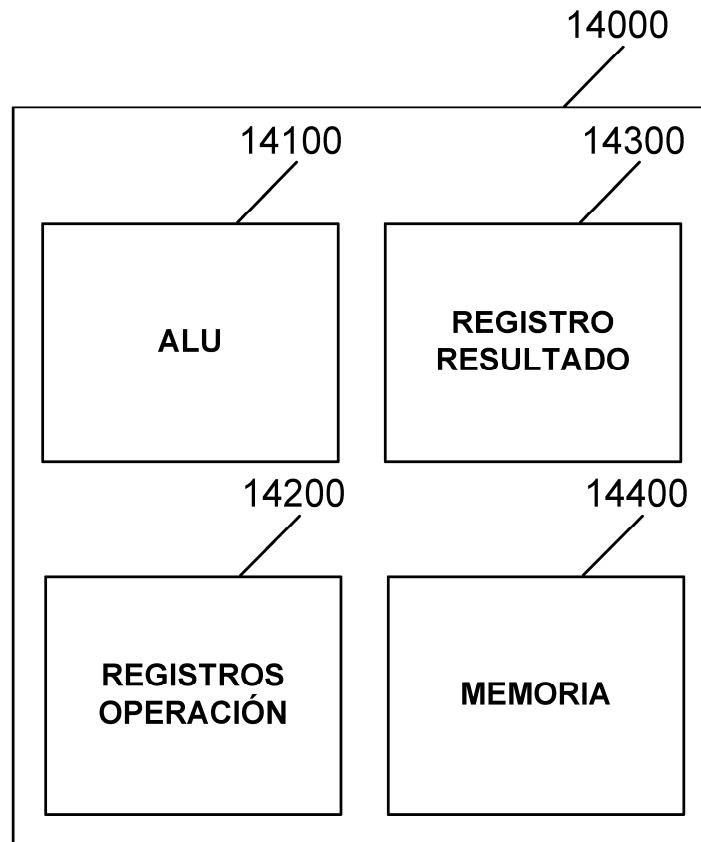


FIG. 4

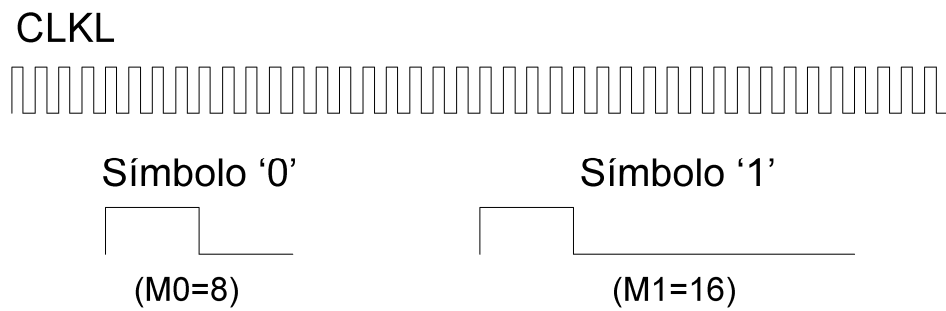


FIG. 5

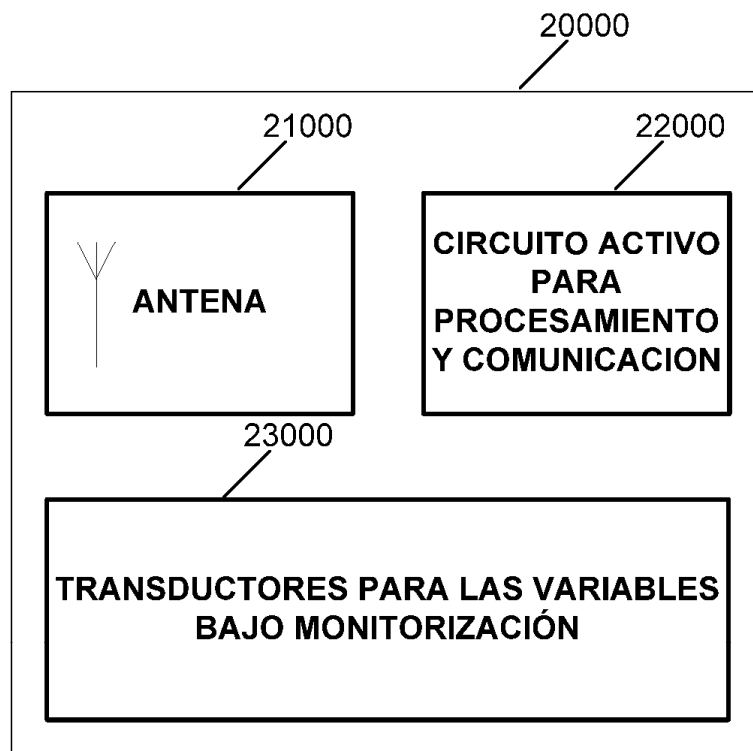


FIG. 6

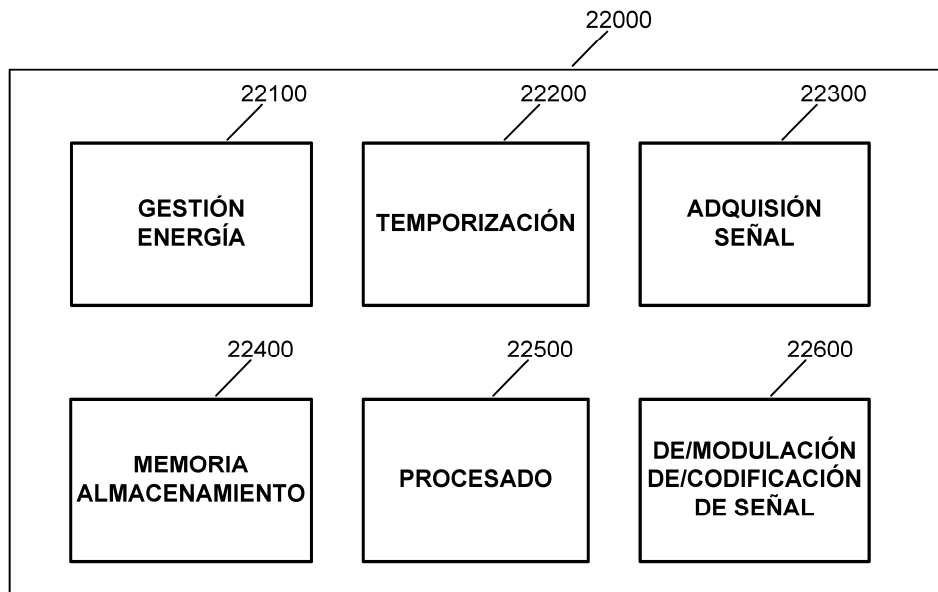


FIG. 7

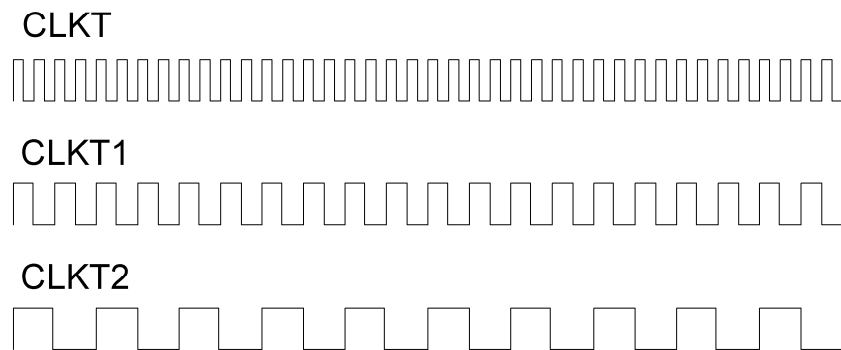


FIG. 8

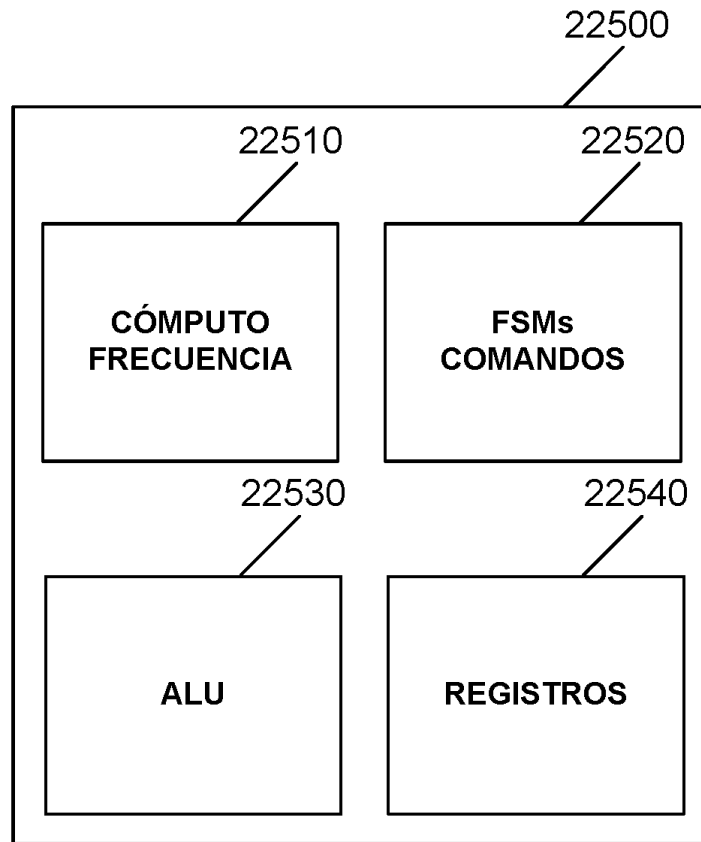


FIG. 9

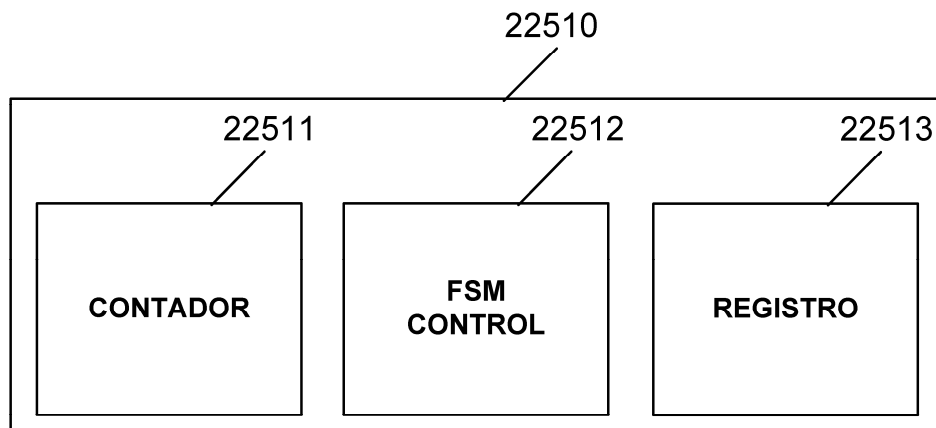


FIG. 10

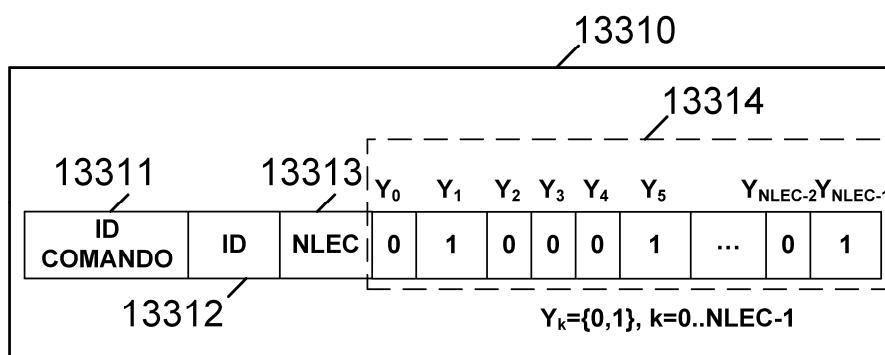


FIG. 11

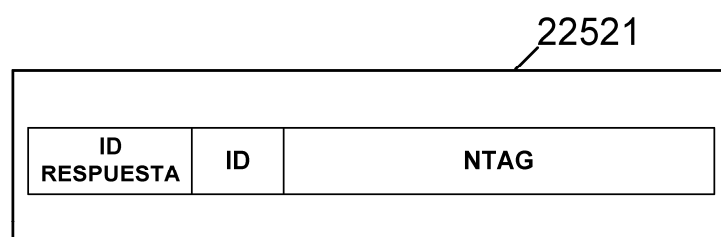


FIG. 12

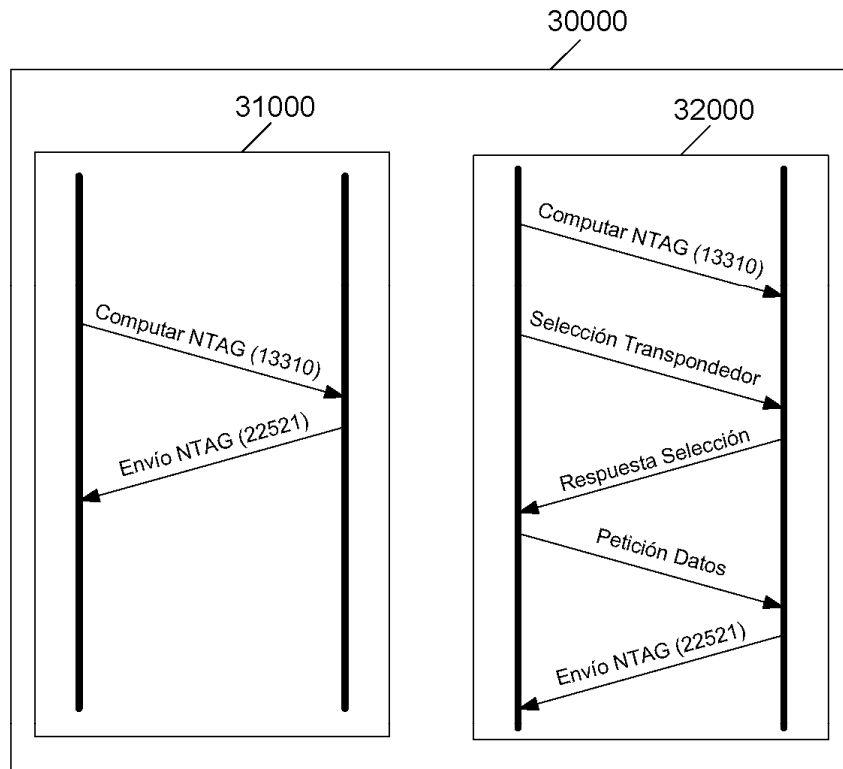


FIG. 13

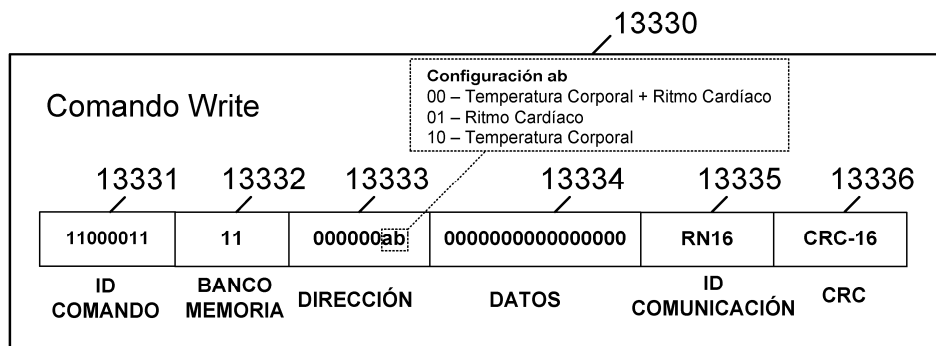


FIG. 14

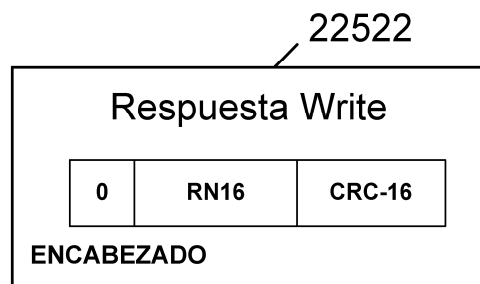


FIG. 15

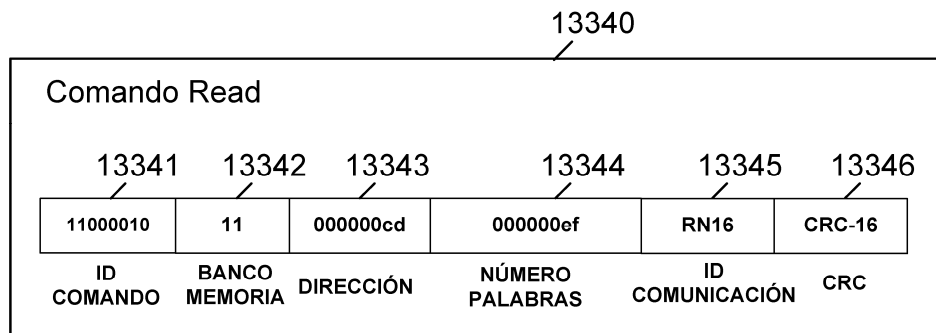


FIG. 16

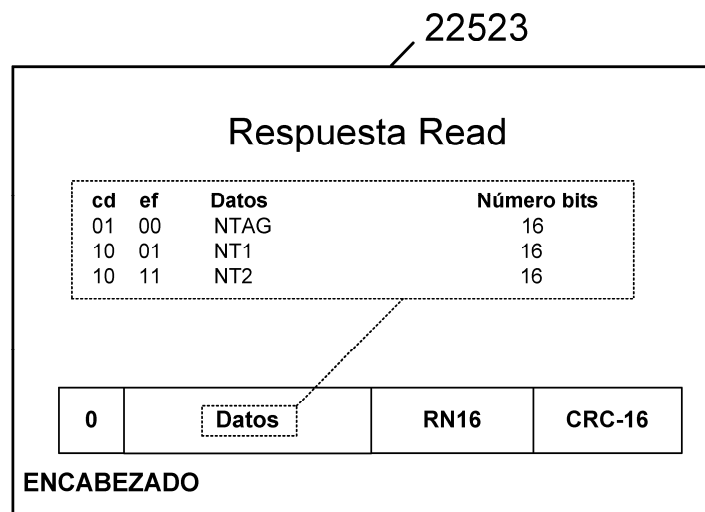


FIG. 17

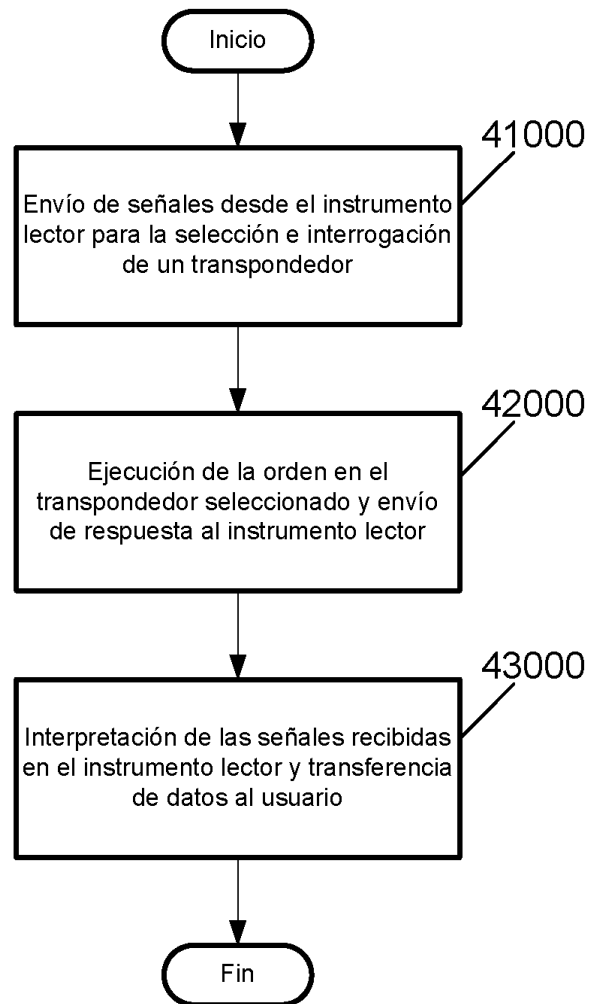


FIG. 18

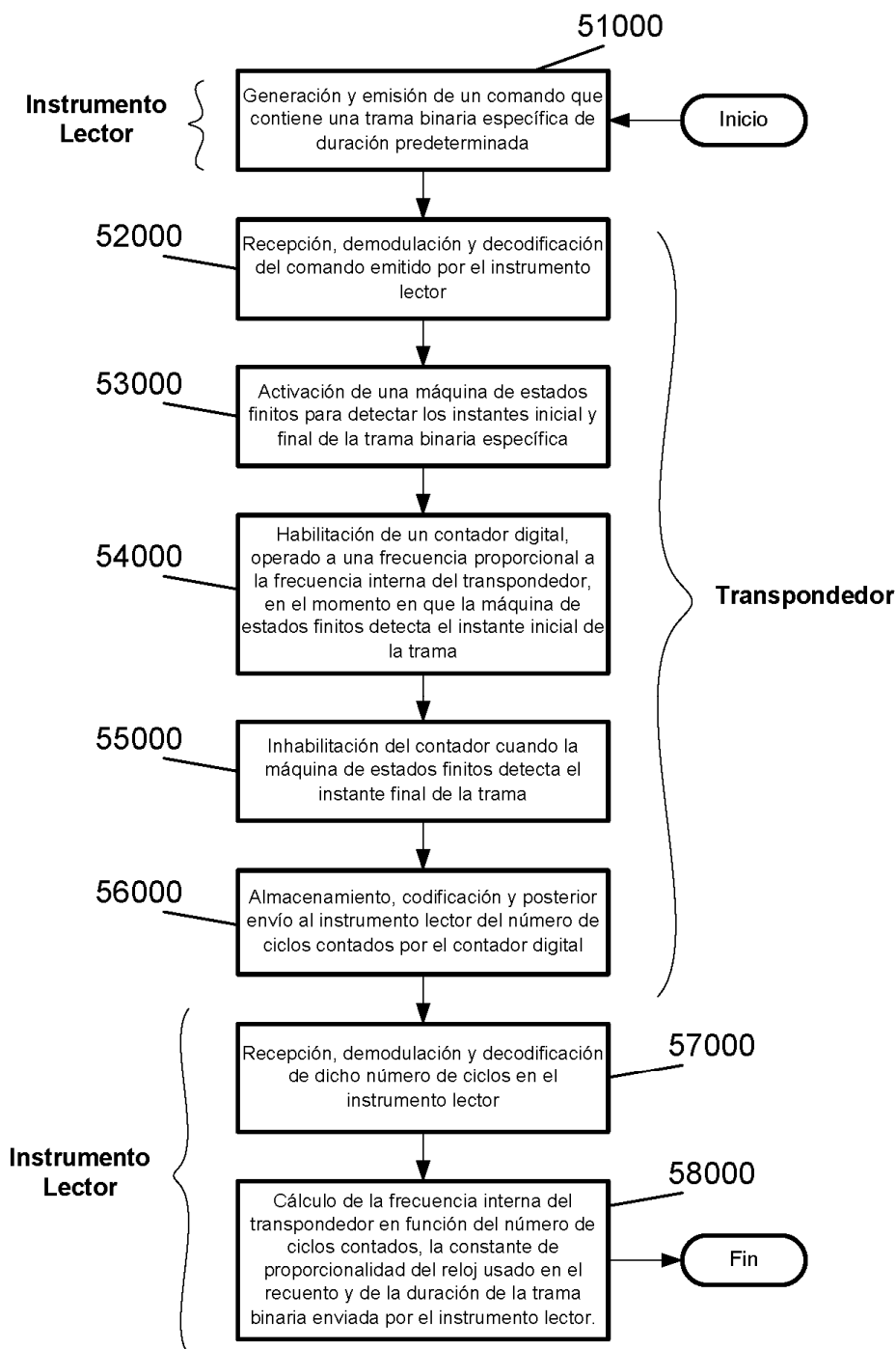


FIG. 19